

**KAJIAN PERBANDINGAN POLA GERUSAN DI SEKITAR ABUTMEN
ANTARA BENTUK *TRIANGULAR SHAPED ABUTMENT* DAN *WING
WALL ABUTMENT* DENGAN PERUBAHAN JARAK *GROUND SILL***

PROYEK AKHIR

Diajukan Kepada Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta
Untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan
Guna Memperoleh Gelar Ahli Madya Teknik



Oleh :

PASIKUN

11510134032

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
JURUSAN PENDIDIKAN TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA**

2015

LEMBAR PENGESAHAN

PROYEK AKHIR

KAJIAN PERBANDINGAN POLA GERUSAN DI SEKITAR ABUTMEN ANTARA BENTUK *TRIANGULAR SHAPED ABUTMENT* DAN *WING WALL ABUTMENT* DENGAN PERUBAHAN JARAK *GROUND SILL*

Dipersiapkan dan disusun oleh :

Pasikun

11510134032

Telah Dipertahankan Di Depan Penguji Proyek Akhir

Jurusan Pendidikan Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Negeri Yogyakarta

Pada Tanggal: 17 Maret 2015

Dan Dinyatakan Telah Memenuhi Syarat Guna Memperoleh Gelar Ahli Madya

SUSUNAN DEWAN PENGUJI

Jabatan

Nama Lengkap

- | | |
|---------------------|-------------------------|
| 1. Ketua Penguji | Didik Purwantoro, M.Eng |
| 2. Penguji Utama I | Drs. Sudiyono AD, M.Sc |
| 3. Penguji Utama II | Drs. Lutjito, MT |

Tanda Tangan

.....
.....
.....

Yogyakarta, 17 Maret 2015

Dekan Fakultas Teknik

Universitas Negeri Yogyakarta



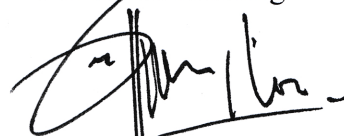
Dr. Mochamad Bruri Triyono, M.Pd.

NIP. 19560216 198603 1 003

PERSETUJUAN

Proyek Akhir yang berjudul “**Kajian Perbandingan Pola Gerusan Di Sekitar Abutmen Antara Bentuk *Triangular Shaped Abutment* Dan *Wing Wall Abutment* dengan Perubahan Jarak *Groundsill***” telah disetujui oleh pembimbing untuk di ujikan.

Yogyakarta, 17 Maret 2015
Dosen Pembimbing



Didik Purwantoro, M.Eng.
NIP. 19730130 199802 1 001

SURAT PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa Proyek Akhir ini benar-benar karya saya sendiri dan tidak pernah terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar Ahli Madya di suatu perguruan tinggi lain sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat karya atau pendapat yang ditulis atau diterbitkan orang lain kecuali secara tertulis diacu dalam naskah ini disebutkan dalam daftar pustaka.

Yogyakarta, 17 Maret 2015

Yang menyatakan



Pasikun

NIM. 11510134032

MOTTO

Tindakan Sekarang akan lebih baik dari pada esok-esok

*Berfikir lebih baik dari pada mencari yang tidak bermaan
faat*

*mulailah dari diri kita sendiri akan lebih tahu untuk
mengerti orang lain*

*melangkahlah kehal yang memberikan kebaikan untuk
sekarang dan yang akan datang*

*ingin tahulah apa yang menjadi penasaran pada hal
kebaikan*

*tiada hal yang paling penting kecuali berdoa dan berusaha
untuk melangkah yang positif*

LEMBAR PERSEMBAHAN

Kupersembahkan karyaku ini untuk :

Bapak dan ibu saya yang selalu berjuang untuk memberi kehidupan saya dimasa

kuliah dan yang selalu memberikan arahan disaat ada kesulitan dan cobaan

dimasa kuliah,

Kakak dan saudara-saudara saya yang memberikan motifasi untuk bersemangat

dan meberi doa sehingga kuliah yang saya tempuh berjalan dengan lancar,

Keluarga besar fakultas teknik sipil saya ucapkan terimakasih atas kerja sama dan

motifasi yang telah di berikan kepada saya.

dan terimakasih saya ucapkan kepada dosen pembimbing yang tidak bosan dengan

kesalahan-kesalah atas kekurangan ilmu saya.

**KAJIAN PERBANDINGAN POLA GERUSAN DI SEKITAR ABUTMEN
ANTARA BENTUK *TRIANGULAR SHAPED ABUTMENT* DAN *WING
WALL ABUTMENT* DENGAN PERUBAHAN JARAK *GROUND SILL***

Abstrak

Penelitian ini dimaksudkan untuk memperoleh model pengendalian gerusan di sekitar abutmen jembatan. Gerusan di sekitar abutmen jembatan sangat penting untuk dikendalikan, mengingat fungsi jembatan sebagai konstruksi sangat penting sehingga harus dapat berfungsi dengan baik. Gerusan di sekitar abutmen dapat menyebabkan keruntuhan struktur abutmen sebagai titik tumpu struktur jembatan. Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk mengendalikan gerusan adalah dengan perubahan jarak *groundsill* yang akan berpengaruh terhadap proses terjadinya gerusan.

Penelitian ini dilakukan dalam bentuk eksperimen di Laboratorium. Dalam penelitian ini dilakukan uji model di Laboratorium Hidrolika jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta. Dengan dua model abutmen jembatan yang berbeda bentuk akan disimulasikan guna mendapatkan kombinasi terbaik yang menghasilkan gerusan paling kecil di sekitar abutmen.

Dari penelitian ini diperoleh hasil kombinasi terbaik antara *triangular shaped abutment* dan *wing wall abutment*. Gerusan yang paling kecil pada perubahan jarak *groundsill* di bentuk *triangular shaped abutment* yaitu jarak *groundsill* 4b sedangkan pada bentuk *wing wall abutment* gerusan yang paling kecil yaitu jarak *groundsill* 4b. Semakin panjang jarak *groundsill* gerusan akan semakin dangkal dan dari ke dua bentuk abutmen gerusan yang paling kecil yaitu pada *wing wall abutment*.

Kata kunci : Gerusan, Abutmen, *Wing Wall*, *Triangular Shaped*, *Groundsill*.

KATA PENGANTAR

Segala Puji dan Syukur Kehadirat Allah SWT, Karena Rahmat-Nya Laporan Proyek Akhir yang berjudul “**Kajian Perbandingan Pola Gerusan Di Sekitar Abutmen Antara Bentuk *Triangular Shaped Abutment* dan *Wing Wall Abutment* dengan Perubahan Jarak *Groundsill***” dapat terselesaikan dengan baik dan lancar.

Dalam penulisan dan pelaksanaan proyek akhir sebagai syarat untuk memperoleh gelar Ahli Madya Teknik bagi mahasiswa program studi D3 ini tidak akan dapat berjalan dengan lancar tanpa adanya Rahmat dan Hidayah dari Allah SWT serta bantuan dari berbagai pihak. Untuk itu penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Kedua Orang Tuaku, terima kasih banyak atas doa yang tak henti-hentinya. Semoga semua harapan dan doa dapat terwujud sesuai harapan.
2. Bapak Didik Purwantoro M. Eng. selaku pembimbing proyek akhir yang telah memberikan pengarahan, petunjuk, dan bimbingannya selama pelaksanaan dan penyusunan proyek akhir selesai.
3. Bapak Drs. H. Lutjito, MT. terima kasih atas bimbingannya selama pelaksanaan penelitian.
4. Bapak Agus Santoso, M.Pd. selaku ketua Jurusan Pendidikan Teknik Sipil dan Perencanaan UNY.
5. Kelompok kami yang selalu membantu penelitian ini Fandi Ari Pranata dan Fadlul Manan.

6. Bapak Dr. Moch. Bruri Triyono selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta.
7. Untuk keluarga besarku terima kasih atas semua bentuk dukungannya selama ini.
8. Semua sahabat seperjuanganku terima kasih atas bantuan dan dukungannya selama ini.
9. Semua mahasiswa Teknik Sipil Universitas Negeri Yogyakarta.
10. Seluruh Instansi Fakultas Teknik yang telah memberikan bantuan administrasi, serta semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penyusun menyadari bahwa laporan proyek akhir ini masih belum sempurna. Untuk itu kritik dan saran penyusun harapkan guna tersusun Laporan yang lebih sempurna. Semoga Laporan ini bermanfaat tidak saja untuk mahasiswa teknik sipil tapi juga bermanfaat bagi masyarakat yang lainnya.

Yogyakarta, 17 Maret 2014
Penulis,

Pasikun
11510134032

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
SURAT PERSETUJUAN	iii
SURAT PERNYATAAN.....	iv
HALAMAN MOTTO	v
LEMBAR PERSEMBAHAN	vi
ABSTRAK	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
DAFTAR NOTASI.....	xvii

BAB I PENDAHULUAN

A. Latar Belakang.....	1
B. Identifikasi Masalah.....	2
C. Batasan Masalah	3
D. Rumusan Masalah.....	3
E. Tujuan penelitian	3
F. Manfaat penelitian	4

BAB II. KAJIAN TEORI

A. Pengertian Gerusan.....	4
B. Mekanisme Gerusan	10
C. Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Kedalaman Gerusan	12

BAB III. METODOLOGI PENELITIAN

A. Objek Kajian.....	19
B. Tempat dan Waktu Penelitian.....	19
C. Pelaksanaan Penelitian.....	25
D. Tahap Pelaksanaan.....	27
E. Alur Penelitian	29

BAB IV. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Penelitian	30
B. Pembahasan Hasil Penelitian	33

BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan	57
B. Saran	57

DAFTAR PUSTAKA	58
----------------------	----

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Hasil Penelitian <i>Triangular Shaped Abutment</i> dengan Jarak <i>Groundsill</i> 1b.	30
Tabel 2. Pola Gerusan Pada <i>Triangular Shaped Abutment</i> dengan Jarak <i>Groundsill</i> 1 b.	32
Tabel 3. Variasi Jarak <i>Grondsill</i>	33

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Macam-Macam Model Abutmen	9
Gambar 2. Hubungan Kedalaman Gerusan dengan Waktu	11
Gambar 3. Hubungan Kedalaman Gerusan dengan Kecepatan Geser	12
Gambar 4. Distribusi Kecepatan pada Saluran Terbuka	14
Gambar 5 . Grafik <i>Shields</i>	15
Gambar 6. Standar <i>Tilting Flume</i>	20
Gambar 7. <i>Wing-Wall Abutment</i>	21
Gambar 8. <i>Triangular Shaped Abutment</i>	21
Gambar 9. Penyearah Arus	22
Gambar 10. <i>Point Gauge</i>	22
Gambar 11. Mesin Amplas	23
Gambar 12. Saringan.....	24
Gambar 13. Sketsa Penempatan Abutmen Tampak Samping dengan Aliran Seragam	28
Gambar 14. Profil Gerusan Memanjang pada <i>Triangular Shaped Abutment</i> .. dengan Jarak <i>Groundsill</i> 1b	31
Gambar 15. Hubungan Kedalaman Gerusan Maksimum Terhadap Waktu pada <i>Triangular Shaped Abutment</i> dengan Jarak <i>Groundsill</i> 1b.....	34
Gambar 16. Hubungan Kedalaman Gerusan Maksimum Terhadap Waktu pada <i>Triangular Shaped Abutment</i> dengan Jarak <i>Groundsill</i> 2b.....	35
Gambar 17. Hubungan Kedalaman Gerusan Maksimum Terhadap Waktu pada <i>Triangular Shaped Abutment</i> dengan Jarak <i>Groundsill</i> 3b	36
Gambar 18. Hubungan Kedalaman Gerusan Terhadap Waktu pada <i>Triangular Shaped Abutment</i> dengan Jarak <i>Groundsill</i> 4b.	37
Gambar 19. Hubungan Kedalaman Gerusan Terhadap Waktu Pada	

<i>Triangular Shaped Abutment</i> dengan Jarak <i>Groundsill</i> 1b	39
Gambar 20. Hubungan Kedalaman Gerusan Terhadap Waktu pada	
<i>Wing Wall Abutment</i> dengan Jarak <i>Groundsill</i> 2b.....	40
Gambar 21. Hubungan Kedalaman Gerusan Terhadap Waktu pada	
<i>Wing Wall Abutment</i> dengan Jarak <i>Groundsill</i> 3b.....	41
Gambar 22. Hubungan Kedalaman Gerusan Terhadap Waktu pada	
<i>Wing Wall Abutment</i> dengan Jarak <i>Groundsill</i> 4b	42
Gambar 23. Perbandingan Kedalaman Gerusasan Maksimum Terhadap	
Waktu Pada <i>Triangular Shaped</i> dan <i>Wing Wall Abutment</i>	
Dengan Jarak <i>Groundsill</i> 1b	43
Gambar 24. Perbandingan Kedalaman Gerusasan Maksimum terhadap	
waktu pada <i>Triangular Shaped abutment</i> dan <i>Wing Wall</i>	
<i>Abutment</i> Dengan Jarak <i>Groundsill</i> 2b	43
Gambar 25. Perbandingan Kedalaman Gerusasan Maksimum Terhadap	
Waktu pada <i>Triangular Shaped Abutment</i> dan <i>Wing Wall</i>	
<i>Abutment</i> dengan Jarak <i>Groundsill</i> 3b	44
Gambar 26. Perbandingan Kedalaman Gerusasan Maksimum Terhadap	
Waktu pada <i>Triangular Shaped Abutment</i> dan <i>Wing Wall</i>	
<i>Abutment</i> dengan Jarak <i>Groundsill</i> 4b	44
Gambar 27. Kontur Pola Gerusan di Sekitar <i>Triangular Shaped</i>	
dengan Jarak <i>Groundsill</i> 1b.....	45
Gambar 28. <i>Isometri</i> Pola Gerusan di sekitar <i>Triangular Shaped</i>	
dengan Jarak <i>Groundsill</i> 1b.....	46
Gambar 29. Kontur Pola Gerusan di Sekitar <i>Triangular Shaped Abutment</i>	
dengan Jarak <i>Groundsill</i> 2b.....	47
Gambar 30. <i>Isometri</i> Pola Gerusan di Sekitar <i>Triangular Shaped Abutment</i>	
dengan Jarak <i>Groundsill</i> 2b.....	47
Gambar 31. Kontur Pola Gerusan di Sekitar <i>Triangular Shaped Abutment</i>	
dengan Jarak <i>Groundsill</i> 3b.....	48
Gambar 32. <i>Isometri</i> Pola Gerusan di Sekitar <i>Triangular</i>	
<i>Shaped Abutment</i> dengan Jarak <i>Groundsill</i> 3b.	48

Gambar 33. Kontur Pola Gerusan di Sekitar Abutmen Jembatan pada <i>Triangular Shaped Abutment</i> dengan Jarak <i>Groundsill</i> 4b.....	49
Gambar 34. <i>Isometri</i> Pola Gerusan di Sekitar Abutmen Jembatan pada <i>Triangular Shaped Abutment</i> dengan Jarak <i>Groundsill</i> 4b.....	49
Gambar 35. Kontur Pola Gerusan di Sekitar Abutmen Jembatan pada <i>Wing Wall Abutment</i> dengan Jarak <i>Groundsill</i> 1b.	50
Gambar 36. <i>Isometri</i> Pola Gerusan di Sekitar Abutmen Pada <i>Wing Wall Abutment</i> dengan Jarak <i>Groundsill</i> 1b.	50
Gambar 37. Kontur Pola Gerusan di Sekitar Abutmen Jembatan pada <i>Wing Wall Abutment</i> dengan Jarak <i>Groundsill</i> 2b.	51
Gambar 38. <i>Isometri</i> Pola Gerusan di Sekitar Abutmen Jembatan pada <i>Wing Wall Abutment</i> dengan Jarak <i>Groundsill</i> 2b.	51
Gambar 39. Kontur Pola gerusan di Sekitar Abutmen Jembatan pada <i>Wing Wall Abutment</i> dengan Jarak <i>Groundsill</i> 3b.	52
Gambar 40. <i>Isometri</i> Pola Gerusan di Sekitar Abutmen Jembatan pada <i>Wing Wall Abutment</i> dengan Jarak <i>Groundsill</i> 3b.	53
Gambar 41. Kontur Pola Gerusan di Sekitar Abutmen Jembtan pada <i>Wing Wall Abutment</i> dengan Jarak <i>Groundsill</i> 4b.....	54
Gambar 42. <i>Isometri</i> Pola Gerusan di Sekitar Abutmen Jembatan pada <i>Wing Wall Abutment</i> dengan Jarak <i>Groundsill</i> 4b.	54
Gambar 43. Perbandingan Kedalam Gerusan Maksimum Antara Bentuk <i>Triangular Shaped Abutment</i> dan <i>Wing Wall</i> <i>Abutment</i> dengan Perubahan Jarak <i>Groundsill</i>	55

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1. Kedalaman gerusan *Triangular shaped* dengan jarak groundsill 1b
- Lampiran 2. Kedalaman gerusan *Triangular shaped* dengan jarak groundsill 2b
- Lampiran 3. Kedalaman gerusan *Triangular shaped* dengan jarak groundsill 3b
- Lampiran 4. Kedalaman gerusan *Triangular shaped* dengan jarak groundsill 4b
- Lampiran 5. Kedalaman gerusan *wing wall abutment* dengan jarak groundsill 1b
- Lampiran 6. Kedalaman gerusan *wing wall abutment* dengan jarak groundsill 2b
- Lampiran 7. Kedalaman gerusan *wing wall abutment* dengan jarak groundsill 3b
- Lampiran 8. Kedalaman gerusan *wing wall abutment* dengan jarak groundsill 4b
- Lampiran 9. Gradasi butiran

DAFTAR NOTASI

A	Luas penampang aliran, m^2
B	Lebar saluran, m
b	Lebar abutmen, m
Fr	Bilangan Froude
g	Percepatan Gravitasi
h	Kedalaman Aliran
Q	Debit aliran, m^3/det
R	Radius Hidrolik
t	Waktu
t_{max}	Waktu Maksimal
K	Keliling Basah
U	Nilai Kecepatan aliran rata-rata, m/det
U_o	Kecepatan Aliran, m/det
U_{*c}	Kecepatan
V	Kecepatan Aliran (m/dtk)
y_a	Kedalaman Aliran
y_s	Kedalam gerusan, cm
$y_{s\ max}$	Kedalaman Maksimum, cm
θ_e	Koefisien Shield
τ_e	Tegangan geser kritik
ρ	Berat jenis butiran s
g	Percepatan gravitasi
u_*	Kecepatan geser

τ_c	Tegangan Geser Kritik
ρ	Berat Jenis Butiran Air

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Penggerusan merupakan fenomena alam yang disebabkan oleh aliran air di sungai dan tikungan. Penggerusan terjadi secara alami sebagai bagian dari perubahan morfologi sungai dan sebagai hasil dari struktur buatan manusia (*man-made structures*). penambahan berbagai jenis struktur di sungai akan mengubah dasar sungai dan terjadi transportasi sedimen yang mengakibatkan endapan. (Breuser dan Raudkivi 1991:1)

Menurut Breusers dan Raudkivi (1991:2) Gerusan yang terjadi dapat menjadi 3 tipe, yaitu gerusan umum (*general scour*), gerusan lokal (*local scour*), dan gerusan terlokalisir (*localizid/ contridtion scour*), gerusan umum adalah gerusan yang terjadi alami, terlepas dari keberadaan struktur apapun, terjadi melintang disepanjang sungai dan menyebabkan gerusan dasasr sungai. Gerusan lokal terjadi di sekitar pilar maupun abutmen jembatan, sebagai akibat terganggunya pola aliran sungai. Sedangkan gerusan terlokalisir terjadi karena penempatan bangunan sungai yang menyebabkan penyempitan penampang sungai.

Fenomena tersebut dapat menyebabkan erosi dan degradasi di sekitar bukaan jalan air (*water way opening*) jembatan. Degradasi ini berlangsung terus menerus hingga tercapainya keseimbangan antara suplai dengan angkutan sedimen yang saling memperbaiki. Dengan adanya pilar dan abutmen jembatan, maka terjadi ketidakseimbangan karena jumlah angkutan sedimen

lebih besar dari pada suplai sedimenya. Hal ini menyebabkan semakin dalamnya lubang gerusan (*scour hol*) pada pilar maupun abutmen jembatan sehingga dapat merusak jembatan secara umum.

Mengingat kompleksitas dan urgensi masalah tersebut, maka diperlukan suatu penanganan yang dapat mereduksi kedalaman lubang gerusan berupa bangunan pengendali gerusan di sekitar pilar maupun abutmen. Usaha proteksi terhadap bangunan sungai sering dilakukan untuk mengurangi kedalaman lubang gerusan. Dari kondisi tersebut perlu dilakukan penelitian mengenai gerusan yang terjadi di sekitar abutmen dan menggunakan perubahan jarak *groud sill* dalam mereduksi kedalaman gerusan dengan mengurangi degradasi dasar saluran yang terjadi.

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan uraian dan latar belakang masalah dikemukakan didepan maka dapat diidentifikasi antara lain:

1. Adanya abutmen jembatan akan mengakibatkan penyempitan alur sungai sehingga aliran menjadi lebih cepat
2. Perubahan pola aliran yang terjadi karena adanya abutmen jembatan yang menyebabkan terjadinya penggerusan
3. Pengaruh jarak *groundsill* akan berpengaruh terhadap gerusan di sekitar abutmen jembatan.
4. Bentuk abutmen mempengaruhi pola gerusan disekitar abutmen jembatan.
5. Perbedaan abutmen mempengaruhi gerusan di sekitar abutmen jembatan

C. Batasan Masalah

Penelitian ini difokuskan pada pengaruh bentuk *triangular shaped abutment* dan *wing wall abutment* dengan perubahan jarak *groundsill* dengan keadaan air bersih.

D. Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini dapat dimasalahkan sebagai berikut

1. Bagaimana perbandingan gerusan di sekitar bentuk *triangular shaped* dan *wing wall abutment* dengan perubahan jarak *groundsill*.
2. Bagaimana pola gerusan di sekitar abutmen dengan perubahan jarak *groundsill*.
3. Bagaimana pengaruh perubahan jarak *groundsill* yang terjadi pada gerusan.

E. Tujuan

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui proses gerusan dan kedalaman gerusan di sekitar abutmen dengan bentuk *triangular shaped* dan *wing wall abutment* dengan perubahan jarak *groundsill*. Namun secara rinci penelitian ini bertujuan untuk:

1. Mengetahui bagaimana proses gerusan dan kedalaman gerusan di sekitar abutmen dengan bentuk *wing wall abutment* dan *triangular shaped abutment* dengan perubahan jarak *groundsill*.
2. Mengetahui gerusan di sekitar abutmen akibat perubahan jarak *groundsill*.

F. Manfaat

Manfaat proyek akhir ini diharapkan dapat memberi ilmu pengetahuan secara umum berkaitan dengan kajian perbandingan pola gerusan di sekitar abutmen dengan perubahan jarak *groundsill* dalam keadaan .

BAB II

KAJIAN TEORI

A. Pengertian Gerusan

Gerusan adalah fenomena alam yang disebabkan oleh aliran air yang mengikis dasar saluran. Gerusan yang terjadi pada pondasi pilar atau abutmen adalah hal yang biasa terjadi. Dalam bukunya (Agung Wiyono dkk, 2011:42), pada tahun 1973 saja, di seluruh belahan dunia, sudah terjadi 383 kerusakan jembatan, 25% disebabkan oleh adanya pilar, dan 72% karena abutmen dan Pada tahun 1960-1984, dari 108 kerusakan jembatan yang terjadi, 29 kerusakan diakibatkan oleh gerusan karena adanya abutmen (*National Roads Boards of New Zeland*) dan 6 dari 10 kerusakan jembatan yang terjadi di New Zeland disebabkan juga oleh abutmen. Selain itu, 70% dari pengeluaran untuk perbaikan dan perawatan jembatan, teralokasikan untuk kerusakan akibat gerusan karena adanya abutmen.

Keberadaan abutmen di sebagian tebing sungai hingga masuk ke dalam sungai menyebabkan lebar sungai mengalami penyempitan dan akan menimbulkan pengaruh pada perilaku aliran yang melewatinya. Perubahan perilaku aliran yang direpresentasikan dalam kecepatan aliran ini akan menimbulkan perubahan pula pada distribusi sedimen. Pada debit yang sama, penyempitan badan sungai mengakibatkan bertambahnya kecepatan, yang menyebabkan terjadinya gerusan lokal. Gerusan lokal di sekitar abutmen, bisa berupa *live-bed scour* ataupun *clear water scour*.

Fenomena alam ini tidak bisa diamati secara langsung. Salah satu metode untuk menyederhanakannya adalah dengan pemodelan. Pemodelan fisik, yang umumnya menggunakan model geometrik, sangat membantu dalam memvisualisasikan baik gejala-gejala alam ataupun respon yang diberikan oleh struktur akibat dari fenomena-fenomena alam tersebut. (Agung Wiyono dkk, 2011:42)

Untuk kasus sungai alam, penyederhanaan dilakukan dengan memodelkannya sebagai saluran dengan tikungan. *Meandering* yang terjadi sepanjang aliran sungai disederhanakan menjadi tikungan bersudut. Dasar saluran alam yang mempunyai tingkat keragaman tinggi, dalam pemodelan juga mengalami penyederhanaan baik itu menjadi seragam jenisnya (*live-bed model*), ataupun bahkan dimodelkan sebagai *fix bed model*. Dalam bukunya Agung Wiyono (2011:42) telah melakukan pemodelan untuk abutment dinding vertical pada saluran lurus, tikungan 90^0 dan 180^0 . Proses Gerusan Lokal Disekitar Abutmen

1. Proses Penggerusan

Gerusan (*scouring*) adalah suatu gejala alamiah yang diakibatkan oleh gerakan aliran air yang mengalami hambatan di suatu sungai. Kebanyakan bagian yang tergerus adalah material endapan, disamping juga batu-batu besar dan kecil. Beberapa percobaan menunjukkan bahwa gerusan seringkali menyebabkan kerusakan struktur bangunan (jembatan) secara progresif. Dikarenakan perlindungan terhadap gerusan biasanya sangat mahal, maka dicari jalan untuk mengontrol proses yang terjadi guna

mengurangi resiko keruntuhan. Gerusan terjadi secara alamiah sebagai bagian dari perubahan morfologi sungai dan juga merupakan akibat dari konstruksi buatan manusia. Dalam perkembangan sejarah kehidupan, perubahan aliran sungai akibat dibangunnya suatu konstruksi bangunan air oleh manusia telah membawa dampak yang signifikan terhadap morfologi aliran sungai. (Breusers dan Raudkivi 1991:1)

2. Mekanisme Angkutan Sedimen

Karena adanya perubahan aliran, timbul gaya-gaya yang bekerja pada material butiran sedimen. Gaya-gaya ini mempunyai tendensi untuk menggerakkan material sedimen. Untuk material kasar (pasir dan batuan) gaya yang melawan gaya-gaya aliran tergantung dari berat material sedimen. Sedangkan untuk material halus (lanau dan lempung) gaya yang melawan aliran lebih disebabkan oleh kohesi dari pada berat material. (Nina Bariroh Rustiati, 2007:159)

3. Tekanan aliran

Tekanan air ini tidak lagi hidrostatik pada kondisi di mana ada perubahan aliran yang cukup signifikan. Contoh perubahan aliran ini adalah pada aliran tunak berubah cepat (*steady rapidly varied flow*). Dalam kondisi ini distribusi tekanannya tidak lagi tergantung dari kedalaman aliran (linier) namun berbentuk kurva. Contoh lain adalah pada proses loncatan air (*hydraulic jump*): pada kondisi ini aliran berubah dari kondisi sub kritis ($Fr < 1$), di mana Fr adalah bilangan froude. (Robert J. Kodoatie 2002: 11)

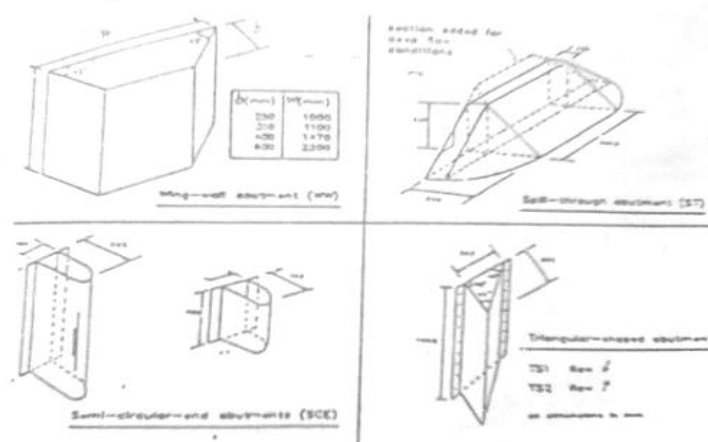
4. Penanggulangan Gerusan

Tindakan pencegahan terjadinya gerusan lokal di sekitar abutmen padat dilakukan dengan mengurangi efek erosi pada aliran dan pusaran tumit kuda (*horse-shoes vortex*). Kedalaman gerusan maksimum pada lubang gerusan merupakan faktor kritik keruntuhan pilar dan abutmen jembatan. Beberapa percobaan membuktikan bahwa ada beberapa metode untuk mengurangi tingginya gerusan lokal di pilar dan abutmen jembatan. (Nina Bariroh Rustiati, 2007:162)

5. Abutmen

Abutmen adalah struktur penyangga jembatan. Biasanya terletak di tebing sungai. Pembangunan abutmen yang memakan lebar sungai menyebabkan penyempitan (*vortex*). Pada debit yang sama, penyempitan badan sungai inilah salah satu kondisi yang mempengaruhi terjadinya gerusan lokal. Gerusan lokal di sekitar abutmen, bisa berupa *live-bed scour* ataupun *clear water scour*, terjadi di sekitar hulu abutmen dan berakhir di hilir abutmet. (Agung Wiyono, 2011: 43)

Abutmen merupakan salah satu bagian konstruksi jembatan yang terletak dipangkal jembatan. Tipe geometri abutmen bermacam-macam, diantaranya *wing-wall abutment* (WW), *spill-through abutment* (ST), *triangular-shaped abutmen* (TS), *semi circular abutment* (SCE). (Breusers dan Raudkivi, 1991:55).



Gambar 1. Macam-Macam Model Abutmen
(Breusers dan Raudkivi: 1991)

6. Ambang

Menurut Suyono Sosro Darsono (1985) “Ambang atau drempel (*groundsill*) yang di bangun menyilang sungai untuk menjaga agar dasar sungai tidak turun terlalu berlebihan”.

Penurunan yang terlalu berlebihan tersebut antara lain disebabkan oleh berkurangnya suplai sedimen dari sebelah hulu karena dibangunnya suatu bendungan atau check dam atau oleh penambangan bahan-bahan pasir/batu yang berlebihan dari sungai yang bersangkutan dan hal-hal tersebut di waktu banjir akan membahayakan atau menyebabkan rusaknya/hancurnya pondasi perkuatan lereng atau pilar-pilar jembatan dan bahkan tergerusnya dasar sungai serta hancurnya tanggul-tanggul pada lokasi tersebut.

Selain itu penurunan dasar sungai dapat pula di sebabkan oleh pembuatan sudetan di hilirnya yang karena panjang ruas sungai pada lokasi

tersebut berkurang dan kemiringannya menjadi lebih besar. Dengan demikian gaya tarik (*tractive force*) aliran sungai meningkat serta keseimbangan dasar sungai terganggu dan terjadilah pergeseran-pergeseran dasar sungai untuk mencari keseimbangannya yang baru. Proses pergeseran-pergeserannya antara lain akan terjadi pergeseran kearah vertikal yang berupa penurunan dasar sungai. Selanjutnya harus di ingat dengan terjadinya penurunan dasar sungai tersebut, kadang-kadang dapat mengakibatkan teganggunya fungsi berbagai bangunan sadap utama yang terdapat di sebelah hulu dari sudetan tesebut.

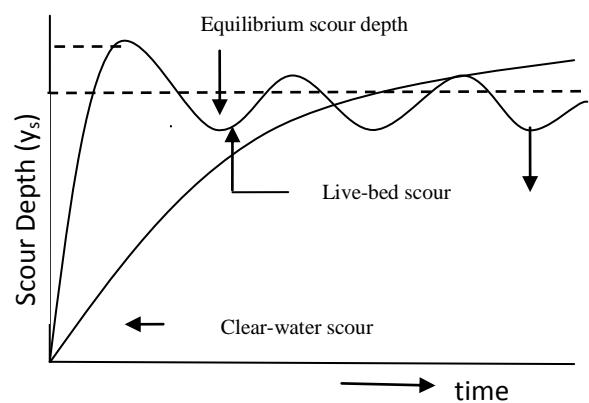
Dalam hal-hal tersebut di atas, maka kemungkinan diperlukan adanya ambang guna menstabilkan dasar sungai agar tidak menurun secara berlebihan. Pada umumnya besarnya pergeseran dasar sungai dapat di perkirakan dari bahan dasar sungai serta daya angkut aliran sungai dan kemiringan dasar sungai yang stabil dapat dimantapkan dengan pembangunan ambang. (Suyono Sosro Darsono, 1985)

B. Mekanisme Gerusan

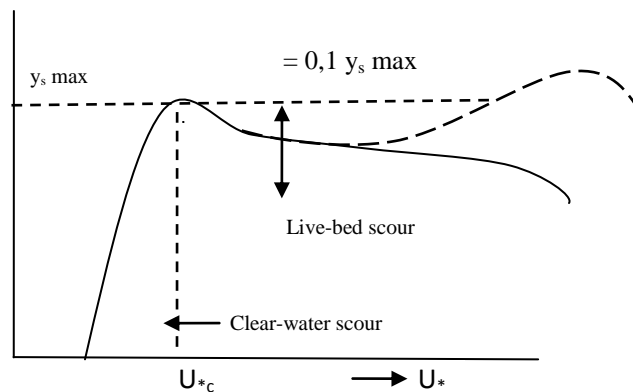
Dalam bukunya Fuad Halim, gerusan yang terjadi di sekitar abutmen jembatan adalah akibat sistem pusaran (*vortex system*) yang timbul karena aliran dirintangi oleh bangunan tersebut. Sistem pusaran yang menyebabkan lubang gerusan (*scour hole*), berawal dari sebelah hulu abutmen yaitu pada saat mulai timbul komponen aliran dengan arah aliran ke bawah, karena aliran yang datang dari hulu dihalangi oleh abutmen, maka aliran akan berubah arah menjadi vertikal dan

menuju dasar saluran dan sebagian berbelok arah menuju depan abutmen selanjutnya diteruskan di hilir. Aliran arah vertikal ini akan terus menuju dasar yang selanjutnya akan membentuk pusaran

Dijelaskan lebih lanjut bahwa kecepatan gerusan relatif tetap meskipun terjadi peningkatan kecepatan yang berhubungan dengan transpor sedimen, baik yang masuk maupun yang keluar lubang gerusan. Jadi kedalaman rata-rata gerusan pada kondisi seimbang (*equilibrium scour dept*, y_s), dengan sendirinya menjadi lebih kecil dengan kedalaman gerusan maksimum. Keseimbangan kedalaman gerusan (y_s) biasanya akan tercapai pada aliran yang tinggi dan dalam waktu yang lama.



Gambar 2. Hubungan Kedalaman Gerusan dengan Waktu (Breusers dan Raudkivi 1991:62)



Gambar 3. Hubungan Kedalaman Gerusan dengan Kecepatan Geser (Breusers dan Raudkivi 1991:62)

C. Faktor–Faktor Yang Pengaruhi Kedalaman Gerusan

1. Aliran Seragam

Minurut Anton Arianta (2010) aliran seragam mempunyai ciri yaitu garis energi, muka air dan dasar saluran saling sejajar. Sebaliknya bila tidak sejajar aliran itu adalah aliran tidak seragam (*non-uniform flow*). Menurut persamaan Kontinuitas, suatu debit tertentu Q , yang mempunyai kecepatan v , melewati suatu penampang saluran dengan kedalaman aliran h , dan lebar saluran B , dinyatakan dengan persamaan berikut:

$$v = \frac{Q}{b.h} \dots\dots\dots (1)$$

dengan :

v = Kecepatan aliran (m/dtk)

B = Lebar saluran (m)

h = Kedalaman aliran (m)

Q = Debit aliran (m³/dtk)

Luas tampang saluran dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$A = B \cdot h \quad \text{.....} \quad (2)$$

dengan :

A = Luas tampang saluran (m^2)

B = Lebar saluran (m)

h = Kedalaman aliran (m)

keliling tampang basah saluran dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

$$K = 2h + B \quad \text{.....} \quad (3)$$

dengan :

K = Keliling tampang basah saluran (m)

h = Kedalaman aliran (m)

B = Lebar saluran (m)

Radius hidrolik saluran dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

$$R = \frac{A}{K} \quad \text{.....} \quad (4)$$

dengan :

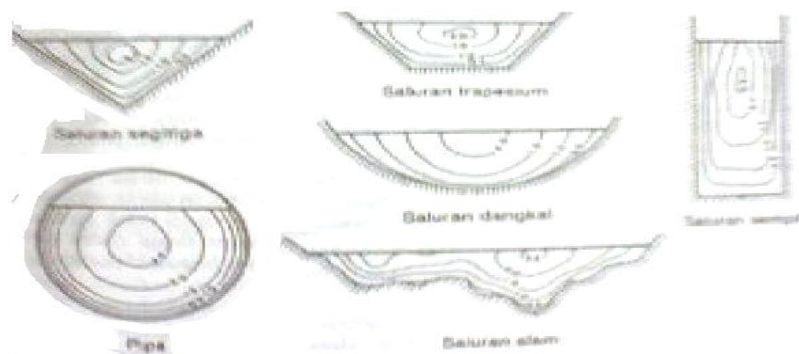
R = Radius hidrolik (m)

A = Luas saluran (m^2)

K = Keliling basah (m)

Bambang Triatmojo (1997: 107) menunjukkan distribusi kecepatan pada tampang lintang saluran dengan berbagai bentuk saluran, yang digambarkan dengan garis kontur kecepatan. Terlihat bahwa kecepatan

minimum terjadi didekat dinding batas (dasar dan tebing) dan bertambah besar dengan jarak menuju ke permukaan. Garis kontur kecepatan maksimum terjadi di sekitar tengah-tengah lebar saluran dan sedikit dibawa permukaan. Hal ini terjadi karena adanya gesekan antara zat cair dan tebing saluran dan juga karena adanya gesekan dengan udara pada permukaan. Untuk saluran yang sangat lebar, distribusi kecepatan di sekitar bagian tengah lebar saluran adalah sama. Hal ini disebabkan karena sisi saluran tidak berpengaruh pada daerah tersebut. Sehingga saluran di bagian itu dapat dianggap 2 dimensi (vertikal). Keadaan ini akan terjadi apabila lebar saluran lebih besar dari 5 – 10 kali kedalaman aliran yang tergantung pada kekasaran dinding. Dalam praktek saluran dapat dianggap sangat lebar (lebar tak terhingga) apabila lebar saluran lebih besar dari 10 kali kedalaman.



Gambar 4. Distribusi Kecepatan pada Saluran Terbuka (Bambang Triatmojo 1997)

Distribusi kecepatan pada vertikal dapat ditentukan dengan melakukan pengukuran pada berbagai kedalaman. Semakin banyak titik pengukuran akan memberikan hasil semakin baik. Biasanya pengukuran kecepatan di lapangan dilakukan dengan menggunakan *current meter*. Alat

ini berupa baling baling yang berputar karena adanya aliran, yang kemudian akan memberikan hubungan antara kecepatan sudut baling–baling dengan kecepatan aliran.

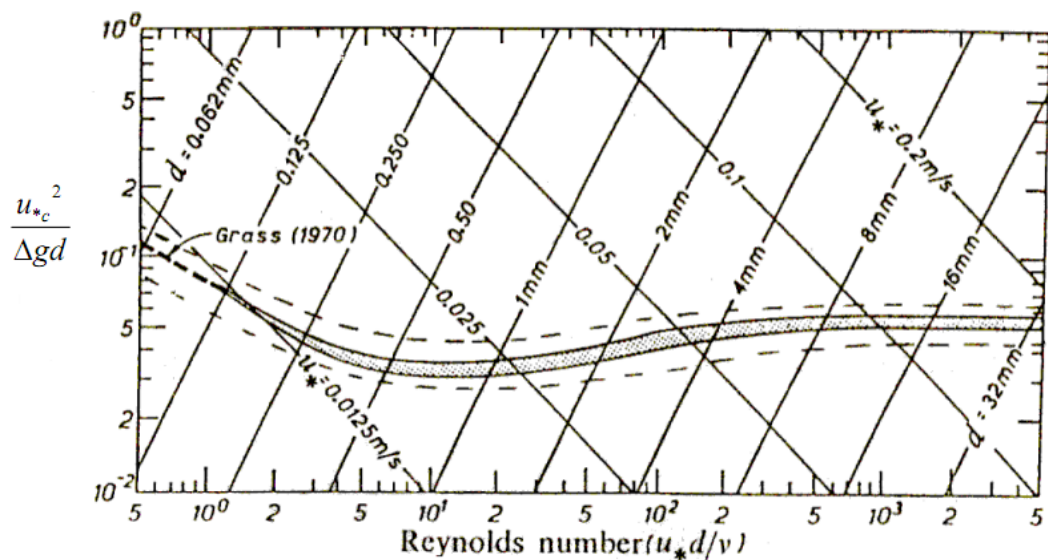
2. Kecepatan Geser dan Tegangan Geser

Menurut Breuser & Raudkivi (1991) analisis dimensi untuk menentukan beberapa parameter tak berdimensi dan ditetapkan dalam bentuk diagram pergerakan awal (*incipient motion*). Melalui grafik Shield, dengan mengetahui angka *Reynold* (R_e) butiran atau diameter butiran (d), maka pada nilai tegangan geser kritis (τ_e) dapat diketahui. Bila tegangan geser dasar aliran berada diatas nilai kritiknya maka butiran sedimen bergerak, atau dengan kata lain:

$$\tau_0 < \tau_e \text{ butiran tidak bergerak}$$

$$\tau_0 = \tau_e \text{ butiran dasar mulai akan bergerak}$$

$$\tau_0 > \tau_e \text{ butiran dasar bergerak}$$



Gambar 5. Grafik Shields (Breusers dan Raudkivi: 1991)

Grafik Shield mendefinisikan gerak awal menjadi persamaan berikut:

$$\theta_c = \frac{\tau_c}{\rho g d} = \frac{u_{*c}^2}{g \Delta d} \dots\dots\dots (5)$$

dengan :

θ_e = Koefisien Shield

τ_e = Tegangan geser kritis

ρ = Berat jenis butiran _s

g = Percepatan gravitasi

u_* = Kecepatan geser

$$\Delta = \frac{\rho_s - \rho_w}{\rho_w}$$

3. Awal Gerak Butiran

Ranga Raju (1986:59-60) menjelaskan pertimbangan suatu saluran terbuka yang mempunyai sedimen lepas (*loose sediment*) diatur pada kemiringan tertentu dimana aliran seragam terjadi pada debit yang berbeda. Sebagai akibatnya, pada debit yang rendah ketika kedalaman dan tegangan geser kecil, partikel sedimen akan berhenti dan aliran itu sama dengan yang ada batasan kukuh. Apabila debit secara berangsur bertambah, suatu tahap dicapai apabila sedikit partikel pada dasar yang bergerak secara terputus-putus. Keadaan ini dapat di namakan keadaan kritis (*critical condition*) keadaan gerak awal (*incipient motion condition*).

Ilmu pengetahuan mengenai kondisi hidrolis sehubungan dengan keadaan gerak adalah praktek yang sangat penting. Selain dari batasan yang menunjukkan permulaan gerak sedimen, keadaan kritis mempengaruhi desain saluran peka erosi (*erotic chanel*s) yang mengangkut air, dan pada

dasarnya mempengaruhi susunan pengendapan lumpur di dalam waduk. Dengan demikian ada manfaat memahami secara seksama kondisi hidraulik yang mengawali gerak pada dasar yang mempunyai sedimen yang diketahui karakternya.

4. Bilangan *Froude*

Akar dari perbandingan antara gaya inersia dan gaya berat pada saluran dinyatakan dengan bilangan *froude* (*Fr*) yang didefinisikan sebagai:

$$Fr = \frac{u}{\sqrt{gY_o}} \dots\dots\dots (6)$$

Dengan:

- u* = Nilai kecepatan aliran rata-rata, (m/s)
- Y_o* = Kedalaman aliran (m)
- g* = Percepatan gravitasi (m/s²)
- Fr* = Bilangan *froude*

Bilangan *Froude* dapat digunakan untuk menentukan regime aliran yang terjadi pada saluran. Regime aliran yang terjadi pada 3 kategori (Rinaldi: 2002:20) dalam (sucipto, 2010:30-31) yaitu:

- a. Regime aliran sub kritik jika nilai *Fr* < 1. Pada aliran sub kritik peranan gaya tarik bumi lebih menonjol, sehingga aliran mempunyai kecepatan rendah dan sering dikatakan tenang.
- b. Regime aliran sub kritik jika nilai *Fr* = 1. Kedalaman aliran pada regime ini adalah kedalaman kritis.
- c. Regime aliran super-kritik terjadi jika *Fr* > dalam keadaan ini gaya-gaya inersia sangat menonjol, sehingga aliran mempunyai kecepatan tinggi

dan kedalaman aliran pada regime ini lebih kecil dari kedalaman kritis, D
 $< D_{kr}$.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

A. Objek Kajian

Penelitian ini bertujuan mengetahui ada tidak hubungan sebab akibat serta seberapa besar pengaruh hubungan sebab akibat tersebut, dengan cara memberikan bentuk tertentu pada beberapa benda uji. Pada penelitian ini dilakukan untuk mengetahui kedalaman gerusan di sekitar *triangular shaped abutment* dan *wing wall abutment* dengan perubahan jarak *grounsill*.

Dalam penelitian ini aliran pada *flume* dianggap seragam (*steady uniform flow*) dan dilakukan pada kondisi *clear woter scour*. Material dasar yang dipakai adalah pasir alami dengan gradasi relatif tidak seragam berasal dari sungai progo.

B. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Hidrolika Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta. Penelitian ini dilakukan pada tanggal 23 juni sampai 22 juli 2014 yang meliputi masa persiapan sampai pada waktu pengujian gerusan.

1. Alat dan Bahan

a. Alat

Adapun alat yang digunakan dalam penelitian ini baik yang sudah tersedia di Laboratorium

1) Standar *Tilting Flume*

Standar tilting flume adalah peralatan utama yang digunakan pada penelitian ini, dengan panjang 5 m, lebar 0,1 m dan tinggi 0,32 m dilengkapi dengan sebuah pompa.



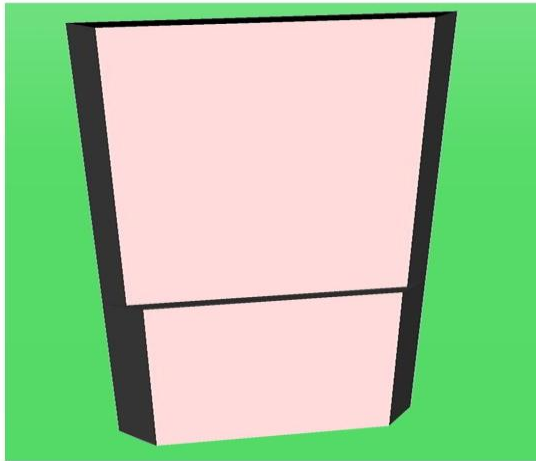
Gambar 6. *Standar Tilting Flume*

2) Model Sayap Abutmen Jembatan

Dalam penelitian yang dilakukan di Laboratorium Hidrolika Teknik Sipil UNY menggunakan 2 abutmen yaitu sebagai berikut:

a) *Wing Wall Abutment*

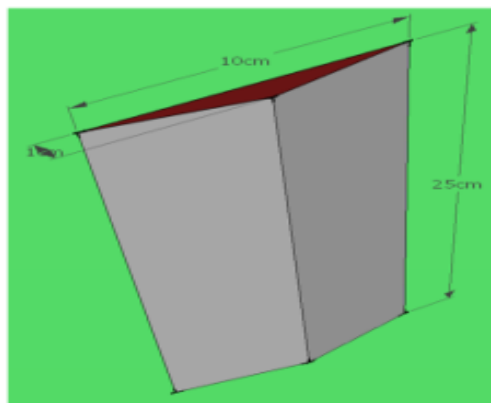
Model abutmen ini terbuat dari mika untuk ketebalan 1 cm dan 0,5 cm. Dengan ketebalan 1,5 cm panjang muka bawah (sejajar aliran) 10 cm, panjang muka atas (sejajar aliran) 15 cm, lebar muka bawah 1,5 cm dan tinggi abutmen 25 cm terlihat pada gambar 7.



Gambar 7. *Wing-Wall Abutment*

b) *Triangular Shaped abutment*

Model abutmen ini terbuat dari mika untuk ketebalan 1 cm dan panjang 10 cm untuk tinggi abutmen 25 cm di buat seperti pada gambar 6.



Gambar 8. *Triangular Shaped Abutment*

3) *Penyearah Arus*

Alat ini dipasang dibagian ujung *flume* dengan ukuran 60 x 45 cm², berfungsi agar air yang masuk ke saluran mempunyai arah aliran yang sejajar.



Gambar 9. Penyearah Arus

4) *Point Guage*

Berupa mistar ukur vertikal yang digunakan untuk mengukur kedalaman aliran dan kedalaman gerusan yang terjadi.



Gambar 10. *Point Guage*

5) Jam (Pencatatan Waktu)

Digunakan untuk menentukan waktu pengukuran kedalaman gerusan selama *running* penelitian dilakukan.

6) Mesin Gergaji Mika

Alat gergaji mika ini untuk memotong mika yang sudah dilukis untuk pembuatan bentuk-bentuk abutmen jembatan

7) Mesin Bor

Mesin ini digunakan untuk melubangi mika sejenis triplek untuk pengukuran kedalam gerusan bagian tampak atas bagian abutmen jembatan

8) Mesin Penghalus (Amplas Mesin)

Alat ini digunakan untuk pembentukan sayap abutmen yang terbuat dari mika dengan alat bantu amplas kasar untuk memperhalus permukaan yang sudah di ampal mesin.



Gambar 11. Mesin Amplas

9) Saringan

Alat yang digunakan untuk menyaring pasir ayakan 5 mm untuk pengujian gerusan di sekitar sayap abutmen jembatan dan di cuci sampai bersih, Setelah pengujian selesai dilakukan gradasi.



Gambar 12. Saringan

b. Bahan

Bahan yang digunakan untuk penelitian pengaruh bentuk abutmen terhadap gerusan adalah pasir sebagai bahan utama yang digunakan untuk pengangkutan sedimen dan air untuk mengairi pasir yang sudah padat dan rata.

2. Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengambilan data yang dilakukan dengan mengamati gerusan yang terjadi sampai dengan gerusan tersebut stabil pada tiap bentuk abutmen yang dilakukan sebanyak 4 pengamatan. Data gerusan diambil dengan cara mencatat hasil dari tiap pengujian yang dilakukan di Laboratorium Hidrolika. Pengamatan ini dilakukan dalam dua (2) bentuk abutmen menggunakan *wing wall abutment* dan *triangular shaped abutment* dengan perubahan jarak *groundsill*.

a. Dengan Menggunakan *Wing-Wall Abutment*

Percobaan dilakukan dengan menggunakan debit 2,0068. Pengamatan dan pengukuran tersebut meliputi pengamatan gerusan kondisi aliran

bersih dari angkutan sedimen, pengamatan yang dilakukan selama 180 menit (3 jam).

b. Dengan Menggunakan *Triangular Shaped Abutment*,

Percobaan yang ini sama dengan percobaan sebelumnya hanya diganti bentuk abutmen dan letak ujung abutmen pada hulu abutmen di letakan pada posisi yang sama dengan posisi sebelumnya yaitu pada titik nol (0).

C. Pelaksanaan Penelitian

Urutan penelitian dibagi menjadi beberapa tahap sebagai berikut:

1. Tahap Persiapan Pelaksanaan Penelitian

a. Persiapan Alat

Pemeriksaan kesiapan komponen alat *sediment-recirculating flume*, seperti pompa bagian penggerak *tilting* dan *instrumen panel control*. Peralatan *flume* perlu di kalibrasi, terutama untuk pembacaan debit aliran. Kalibrasi dilakukan dengan mengalikan hasil pengukuran kecepatan dengan luas tampang aliran. Data yang lalu kemudian dibandingkan dengan data kalibrasi peralatan.

b. Persiapan Alat Bantu Pembacaan

Selain peralatan di atas, di perlukan alat bantu pembacaan pada *flume* untuk mempermudah pembacaan pada pelaksanaan penelitian. Pemasangan tanda batas ketinggian pasir sebagai dasar saluran, mistar ukur untuk memonitor ketinggian aliran, milimeter blok untuk mengukur ketinggian gerusan, dan mika transparan untuk menggambarkan kedalaman atau pola gerusan (y_s) dari samping. Penempatan Abutmen di

pasang pada tempat yang telah ditentukan, as abutmen berjarak 2 meter dari ujung penyearah arus di bagian hulu.

c. Persiapan Material Dasar

Material dasar yang telah siap dituangkan dalam *flume* dari ujung batas balok kayu bagian hulu sampai batas balok kayu bagian hilir, dengan ketebalan 10 cm. Tebal material dasar pasir 10 cm. Besaran ini diambil dengan mempertimbangkan kedalaman gerusan maksimum yang terjadi termasuk degradasi dasar saluran karena aliran.

d. Persiapan *Running*

Setelah *Flume* terisi pasir diratakan dan dipadatkan (alami) selanjutnya dilakukan perataan permukaan dengan ketebalan 10 cm agar diperoleh permukaan yang mendekati datar. Untuk itu dilakukan beberapa langkah sebagai pendekatan datar.

- 1) Menggunakan panduan *marking* pada dinding kaca *flume*, elevasi pasir diatur sehingga permukaan mendekati rata-rata.
- 2) Menggunakan bantuan kayu dan rol pada *flume* pasir diratakan. Air dialirkan dengan debit yang kecil, untuk membasahi pasir agar diperoleh kepadatan seragam. Selama pengaliran tersebut berlangsung, pengatur elevasi air (*adjustable overshoot weir*) ditutup kemudian dibuka perlahan-lahan sambil dilakukan perataan permukaan pasir. Permukaan pasir yang telah terairi tersebut diperbaiki kembali hingga mendekati permukaan rata (10 cm). Permukaan yang mengalami cekungan/ penurunan elevasi karena

semakin padat dimatikan, dilakukan penyempurnaan perataan lagi dengan bantuan sifat permukaan air yang selalu datar.

- 3) Pengecekan tahap akhir yaitu dialiri air kembali dengan debit relatif kecil, kemudian diperhatikan jalannya air. Jika air yang datang bersamaan rata kiri kanan maka permukaan saluran sudah rata.

D. Tahap Pelaksanaan

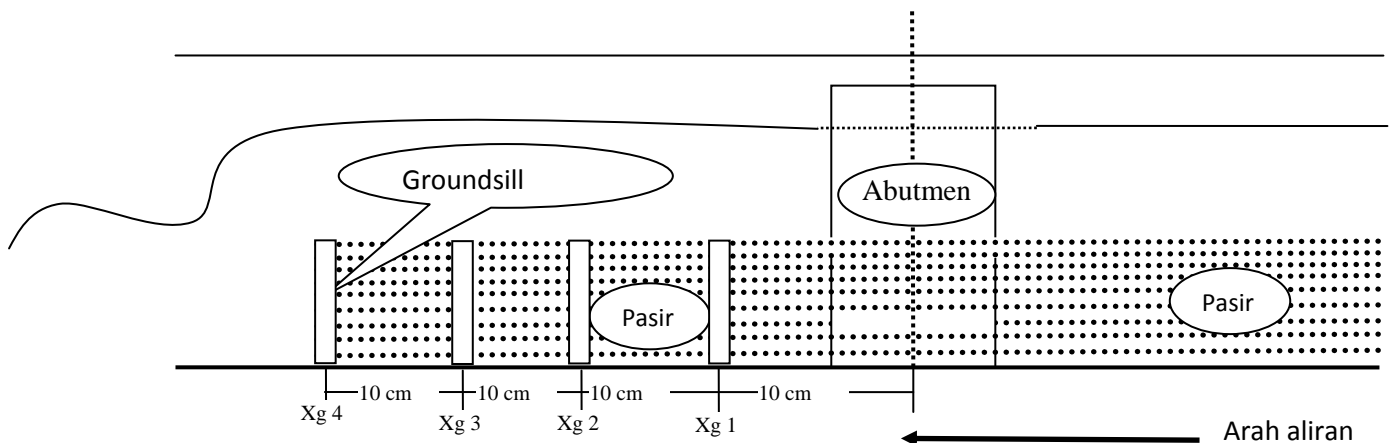
1. Penelitian Pendahuluan

Tahap ini dilakukan dengan maksud memperoleh referensi awal besaran gerusan yang terjadi di sekitar abutmen tanpa adanya gerakan sedimen dasar (*clear water*). Tahap ini merupakan inti dari penelitian yang dilakukan. Selanjutnya air di alirkan kedalam saluran *prismatik (flume)* dengan debit yang sudah ditentukan. *Running* tahap ini dilakukan dengan perubahan jarak *groundsill* dengan bentuk model abutmen tipe 1 seperti prosedur persiapan *running* di atas, setelah itu dilakukan pengukuran ragam kedalaman aliran yang berbentuk di sekitar abutmen.

- a. Tinggi elevasi debit air bagian hulu
- b. Kedalaman gerusan disekitar abutmen jembatan, y_s
- c. Panjang gerusan yang terjadi, L_s
- d. Jarak penggerusan, x_1
- e. Tinggi muka air di hulu abutmen batas permukaan pasir, y_0
- f. Tinggi muka air di hilir abutmen batas permukaan pasir, y_1
- g. Jarak antara kedalaman maksimum dengan bagian depan abutmen, x

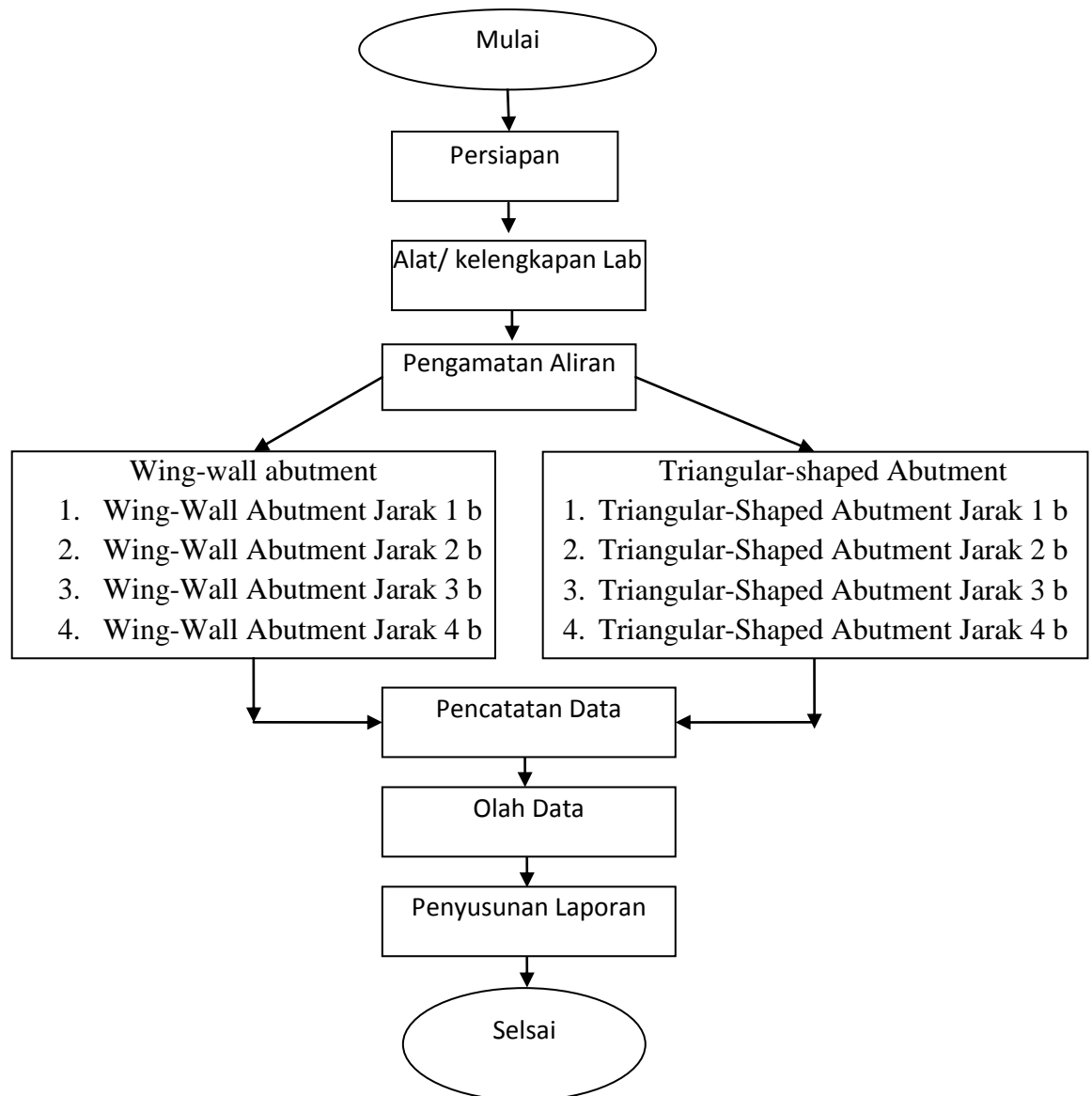
Proses terjadinya gerusan di sekitar abutmen diamati kedalamannya di catat dalam selang waktu yang telah ditentukan selama kurang lebih 180 menit, dengan rincian waktu yaitu 0 – 20 menit dicatat selang waktu 2 menit, kemudian antara 20 - 60 menit dicatat selang waktu 5 menit, 60 – 120 menit catat selang waktu 10 menit dan 120 – 180 di catat selang waktu 20 menit.

2. Pada menit ke-180 atau pada saat mencapai nilai kedalaman yang relatif stabil, pompa dimatikan, kemudian *adjustable overshoot weir* dibuka secara perlahan-lahan sehingga tidak terjadi perubahan pada pola gerusan akibat terjadinya air balik (*back water*).
3. Menggambar tampak kontur gerusan dari samping dengan menggunakan milimeter transparan.
4. Permukaan saluran diratakan kembali, kemudian dipadatkan, dan melakukan percobaan lagi secara berulang menggunakan 2 (dua) bentuk abutmen yang berbeda dengan perubahan jarak *grounsill*



Gambar 13. Sketsa Penempatan Abutmen Tampak Samping dengan Aliran Seragam

E. Alur Penelitian



BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Penelitian

Dari hasil Laboratorium di dapatkan hasil penelitian kajian perbandingan pola gerusan di sekitar abutmen antara bentuk *triangular shaped abutment* dan *wing wall abutment* dengan perubahan jarak *groundsill* adalah sebagai berikut:

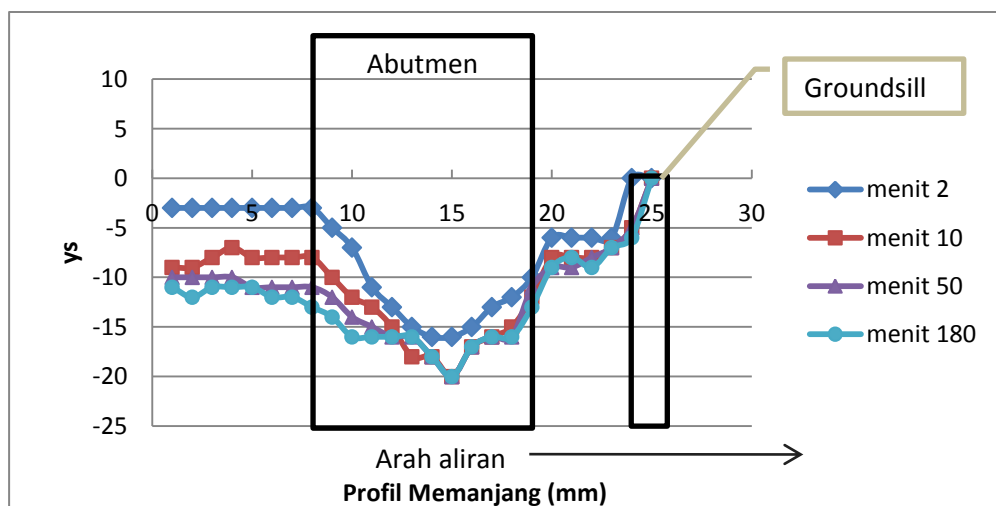
1. Hasil pengamatan kedalaman gerusan maksimum terhadap waktu pada *triangular shaped abutment* dengan jarak *groundsill* 1b.

Tabel 1. hasil penelitian *triangular shaped abutment* jarak *groundsill* 1b

waktu (menit)	titik kedalaman gerusan																								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-5	-7	-11	13	-15	-16	-16	-15	-13	-12	-10	-6	-6	-6	-6	0	0
4	-4	-4	-4	-5	-5	-5	-6	-6	-7	-7	-11	-13	-15	-16	-16	-17	-15	-13	-11	-6	-6	-6	-6	0	0
6	-6	-6	-6	-6	-6	-6	-6	-7	-8	-10	-11	-14	-17	-18	-19	-17	-15	-14	-11	-7	-6	-6	-6	0	0
8	-7	-7	-7	-7	-6	-6	-7	-7	-9	-10	-13	-15	-17	-18	-20	-17	-15	-15	-12	-7	-7	-7	-6	-5	0
10	-9	-9	-8	-7	-8	-8	-8	-8	-10	12	-13	-15	-18	-18	-20	-17	-16	-15	-12	-8	-8	-8	-7	-5	0
12	-9	-9	-8	-8	-8	-8	-8	-8	-10	-13	-13	-13	-17	-18	-20	-17	-16	-15	-12	-8	-8	-8	-7	-3	0
14	-9	-8	-8	-8	-8	-7	-8	-8	-10	-13	-13	-14	-17	-18	-20	-17	-16	-16	-12	-8	-8	-8	-7	-3	0
16	-9	-9	-8	-8	-8	-8	-8	-8	-10	-13	-13	-14	-17	-18	-20	-17	-16	-16	-12	-8	-8	-8	-7	-3	0
18	-9	-9	-9	-9	-9	-8	-8	-10	-10	-13	-13	-13	-17	-18	-20	-17	-16	-16	-12	-8	-8	-8	-7	-3	0
20	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-13	-13	-15	-17	-18	-20	-17	-16	-16	-12	-8	-8	-8	-7	-3	0
25	-10	-10	-9	-9	-10	-10	-10	-10	-11	-13	-13	-13	-15	-18	-20	-17	-16	-16	-12	-8	-9	-8	-7	-4	0
30	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-11	-13	-13	-15	-17	-18	-20	-17	-16	-16	-12	-8	-9	-8	-7	-5	0
35	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-11	-13	-14	-14	-17	-18	-20	-17	-16	-16	-12	-8	-9	-8	-7	-5	0
40	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-11	-14	-14	-14	-17	-18	-20	-17	-16	-16	-12	-8	-9	-8	-7	-5	0
45	-10	-10	-10	-10	-11	-11	-11	-11	-11	-14	-15	-15	-16	-18	-20	-17	-16	-16	-12	-8	-9	-8	-7	-5	0
50	-10	-10	-10	-10	-11	-11	-11	-11	-12	-14	-15	-16	-16	-18	-20	-17	-16	-16	-11	-9	-9	-8	-7	-5	0
55	-10	-10	-10	-10	-11	-11	-11	-11	-12	-14	-15	-16	-16	-18	-20	-17	-16	-16	-11	-9	-9	-8	-7	-5	0
60	-10	-11	-10	-10	-11	-11	-11	-11	-12	-14	-15	-16	-16	-18	-20	-17	-16	-16	-11	-9	-9	-8	-7	-5	0
70	-11	-11	-10	-10	-11	-11	-11	-11	-13	-14	-16	-14	-16	-18	-20	-17	-16	-16	-12	-9	-9	-8	-7	-5	0
80	-11	-11	-10	-11	-11	-11	-10	-12	-13	-14	-16	-14	-16	-18	-20	-17	-16	-16	-12	-9	-9	-8	-7	-5	0
90	-11	-11	-10	-11	-11	-11	-10	-12	-13	-15	-15	-15	-16	-18	-20	-17	-16	-16	-12	-9	-9	-8	-7	-5	0
100	-11	-11	-10	-11	-11	-11	-10	-12	-13	-15	-16	-15	-16	-18	-20	-17	-16	-16	-12	-9	-9	-8	-7	-5	0
110	-11	-11	-10	-11	-11	-11	-11	-12	-13	-15	-16	-14	-16	-18	-20	-17	-16	-16	-13	-9	-9	-9	-7	-5	0
120	-11	-11	-11	-11	-11	-12	-11	-12	-14	-15	-17	-16	-16	-18	-20	-17	-16	-16	-13	-9	-9	-9	-7	-6	0
140	-11	-12	-11	-11	-11	-12	-12	-12	-14	-16	-16	-16	-16	-18	-20	-17	-16	-16	-13	-9	-9	-9	-7	-6	0
160	-11	-12	-11	-11	-11	-12	-12	-13	-14	-16	-16	-16	-16	-18	-20	-17	-16	-16	-13	-9	-8	-9	-7	-6	0
180	-11	-12	-11	-11	-11	-12	-12	-13	-14	-16	-16	-16	-16	-18	-20	-17	-16	-16	-13	-9	-8	-9	-7	-6	0

Dari tabel hasil penelitian yang telah di dapatkan dari Lab Hidrolika Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta pengamatan gerusan yang terjadi pada *triangular shaped abutment* dengan jarak *groundsill* 1b gerusan maksimum terjadi pada titik 15 yaitu posisi pada titik as abutmen dan kedalaman maksimum terjadi pada menit 120 yaitu -18 mm di bagian tengah abutmen pada keadaan gerusan sudah stabil. Pengamatan pada menit menit awal terjadi gerusan yang cukup besar di sekitar abutmen dikarenakan air belum setabil dan terpengaruh pada aliran terjun (aliran berubah cepat) yang terjadi pada hilir *groundsill*. setelah air setabil gerusan mengecil karena adanya *groundsill* yang berfungsi mengatur aliran air agar tetap stabil.

Dari tabel dapat di gambarkan kedalaman gerusan profil memanjang di bawah ini



Gambar 14. Profil Gerusan Memanjang pada *Triangular Shaped Abutment* dengan Jarak *Groundsill* 1b

Dari grafik di atas menunjukkan pada bagian abutmen terlihat gerusan yang cukup besar dan awal-awal pengamatan terjadi gerusan lebih

besar karena terjadi aliran berubah cepat pada *groundsill* dan aliran yang belum setabil.

2. Hasil pengamatan Pola gerusan di sekitar abutmen pada *triangular shaped abutment* dengan jarak *groundsill* 1b

Tabel 2. Pola gerusan pada *triangular shaped* jarak *groundsill* 1 b.

Y	x (mm)																				
	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	0	-10	-11	-10	-12	-13	-14	-17	bagian abutmen					-11	-10	-12	-10	-8	-9	-9	0
2	0	-10	-10	-10	-11	-12	-12	-14	-17	-20	-19	-17	-14	-13	-9	-10	-11	-11	-9	-9	0
3	0	-10	-10	-11	-11	-12	-13	-15	-15	-18	-18	-16	-13	-11	-9	-10	-10	-10	-9	-7	0
4	0	-9	-11	-9	-10	-11	-12	-13	-14	-16	-16	-17	-13	-11	-9	-10	-10	-10	-10	-9	0
5	0	-9	-9	-8	-9	-10	-10	-11	-12	-13	-13	-13	-12	-10	-9	-9	-10	-10	-9	-7	0

Pada hasil pengamatan ini gerusan yang terjadi di sekitar abutmen terdapat gerusan cukup dalam. Gerusan yang terjadi di sekitar abutmen jembatan adalah aliran yang membentur bagian hulu abutmen sehingga terjadi pusaran air dan terjadilah gerusan di sekitar abutmen. Aliran berubah cepat (*Rapidly varied flow*) adalah aliran dengan debit konstan, dengan skala panjang yang kecil dimana variabel gesekan (*friction*) dapat diabaikan. Contoh pada kasus ini adalah aliran yang melalui bangunan hidrolik seperti bangunan terjunan, bendung, *spillways*, *groundsill*, bangunan ukur irigasi dan lain-lain (sumber: Robert J. Kodoatie)

Penelitian gerusan di sekitar abutmen menggunakan alat *multi purpose teaching flume*. Pada bagian dalam alat tersebut dilengkapi model abutmen yaitu *wing wall abutment*, *triangular shaped abutment* dengan perubahan jarak *groundsill*. Untuk pembacaan di sekitar abutmen jembatan dilengkapi dengan alat bantu pembacaan berupa milimeter blok yang telah direkatkan pada dinding *flume*. Material dasar yang digunakan berupa pasir

alam yang lolos saringan 5 mm dan tertahan no. 200, sesuai dengan diameternya dasar hasil Laboratorium terdapat pada lampiran.

3. Jarak *Groundsill* dari As Abutmen Terhadap Kedalaman Gerusan Maksimum

Pengukuran kedalaman gerusan di sekitar abutmen untuk masing-masing perubahan jarak *groundsill* pada bagian hilir abutmen di pasang model *groundsill* yang selanjutnya di bagi 4 tipe variasi jarak ke as abutmen, seperti terlihat pada tabel di bawah

Tabel 3. Variasi Jarak Grondsill

Tipe	X	X_g (cm)
<i>Grounsil 1</i>	1.b	10
<i>Grounsil 2</i>	2.b	20
<i>Grounsil 3</i>	3.b	30
<i>Grounsil 4</i>	4.b	40

Keterangan :

b : Lebar abutmen = 10 cm

X_g : Jarak *groundsill* terhadap as abutmen

Data yang di ambil dalam penelitian ini di peroleh dari pengamatan dan pengukuran yang meliputi parameter aliran, pola gerusan, dan kedalaman gerusan data dari hasil penelitian dapat dilihat pada lampiran.

B. Pembahasan Hasil Penelitian

Pembahasan hasil penelitian ini meliputi proses gerusan dan pengaruh sayap abutment terhadap gerusan di sekitar abutmen jembatan.

1. Karaktristik Aliran

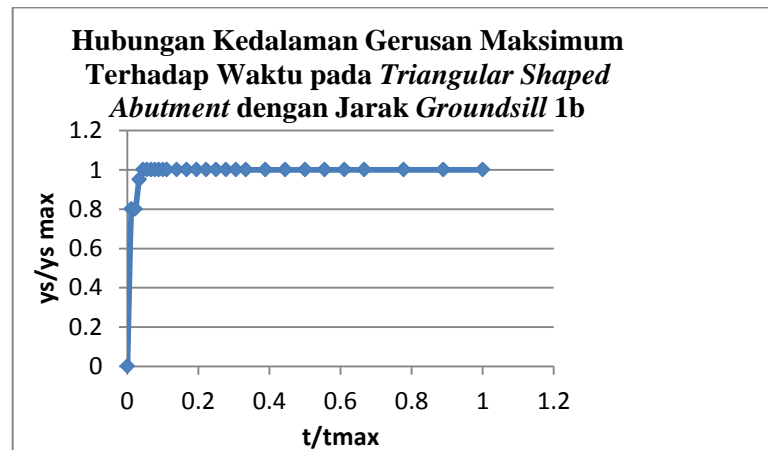
Data karakteristik aliran meliputi tinggi muka air di hulu (Y_0) tinggi muka air di hilir (Y_1), kecepatan aliran (U_0), angka *froude* (F_r), jari-jari *hidrolis* (R), kemiringan dasar saluran (S_0), kecepatan geser (U_*), kecepatan geser kritis (U_{*c}) tegangan geser (τ) dan tegangan geser (τ_c).

2. Pengaruh Kedalaman Gerusan Maksimum Terhadap Waktu dan Sayap Abutmen

Setiap penelitian dilakukan 180 menit (3 jam). Sampai waktu pengamatan 3 jam perubahan gerusan sudah stabil.

a. Perkembangan kedalaman gerusan maksimum terhadap waktu pada *triangular shaped abutment* dengan jarak *groundsill* 1b.

Hubungan kedalaman gerusan maksimum (y_s/y_{smax}) dengan waktu (t/t_{max}) untuk debit (Q) = 2,0068 lt/det pada bentuk *triangular shaped abutment* dengan jarak *groundsill* 1b tersebut di gambarkan pada grafik dibawah ini.



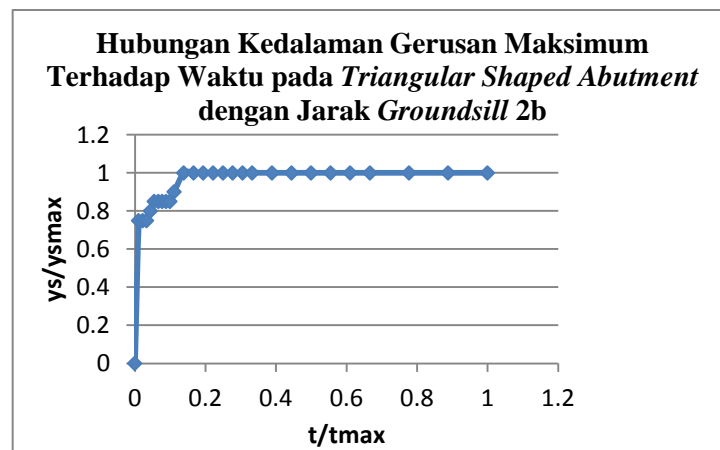
Gambar 15. Hubungan Kedalaman Gerusan Maksimum Terhadap Waktu pada *Triangular Shaped Abutment* dengan Jarak *Groundsill* 1b

Dari grafik diatas menunjukan pada awal pengamatan yaitu pada menit-menit pertama terlihat terjadi gerusan yang cukup besar di sekitar bentuk abutmen. Hal ini dikarenakan oleh aliran-aliran yang belum

setabil sehingga menyebabkan olakan yang besar dan mengakibatkan lapisan material terpengaruh oleh aliran tergerus sangat cepat. Setelah aliran hampir mencapai keseimbangan maka gerusan di sekitar abutmen akan semakin kecil dan perlahan mendekati kesetabilan. Grafik di atas menunjukkan bahwa proses angkutan sedimen gerusan tersebut dalam kondisi *clear water scour* yaitu gerusan yang terjadi tanpa adanya gerakan material dasar (tidak ada material dasar yang terangkut).

- b. Perkembangan Kedalaman Gerusan Maksimum Terhadap Waktu pada *Triangular Shaped Abutment* dengan Jarak *Groundsill* 2b.

Hubungan kedalaman gerusan maksimum (Y_s/Y_{smax}) dengan waktu (t/t_{max}) untuk debit (Q) = 2,0068 l/det pada bentuk *triangular shaped abutment* jarak *groundsill* 2b tersebut di gambarkan pada grafik di bawah.



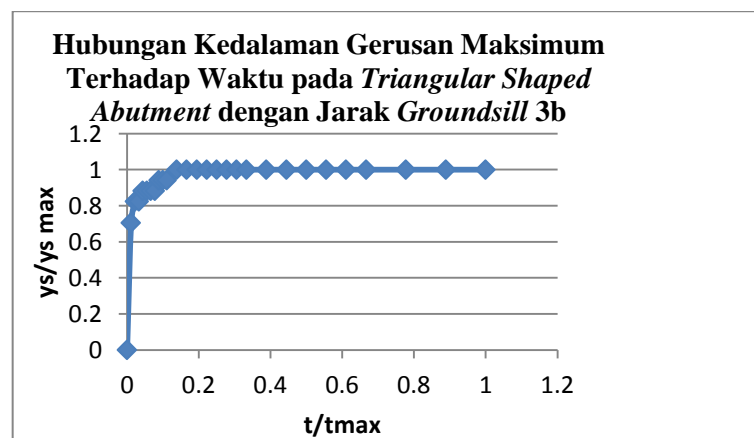
Gambar 16. Hubungan Kedalaman Gerusan Maksimum Terhadap Waktu pada *Triangular Shaped Abutment* dengan Jarak *Groundsill* 2b

Dari grafik diatas terjadinya peningkatan kedalaman gerusan. Hampir sama dengan pengamatan sebelumnya, pada awal pengamatan yaitu pada menit-menit pertama terlihat terjadi gerusan yang cukup besar di sekitar abutmen jembatan. Hal ini dikarenakan oleh aliran-aliran yang

belum setabil sehingga menyebabkan olakan yang besar dan mengakibatkan lapisan material terpengaruh oleh aliran sehingga tergerus sangat cepat. Setelah aliran hampir mencapai keseimbangan maka gerusan disekitar abutmen akan semakin kecil dan perlahan mendekati kesetabilan. Pada bagian abutmen ini perpindahan jarak *groundsill* akan mempengaruhi gerusan di sekitar abutmen. Grafik di atas menunjukkan bahwa proses angkutan sedimen gerusan tersebut dalam kondisi *clear water scour* yaitu gerusan yang terjadi tanpa adanya gerakan material dasar (tidak ada material dasar yang terangkut).

- c. Perkembangan Kedalaman Gerusan Maksimum Terhadap Waktu pada *Triangular Shaped Abutment* dengan Jarak *Groundsill* 3b.

Hubungan kedalaman gerusan maksimum (y_s/y_{smax}) dengan waktu (t/t_{max}) untuk debit (Q) = 2,0068 l/det pada bentuk *triangular shaped abutment* jarak *groundsill* 3b tersebut di gambarkan pada grafik dibawah ini.



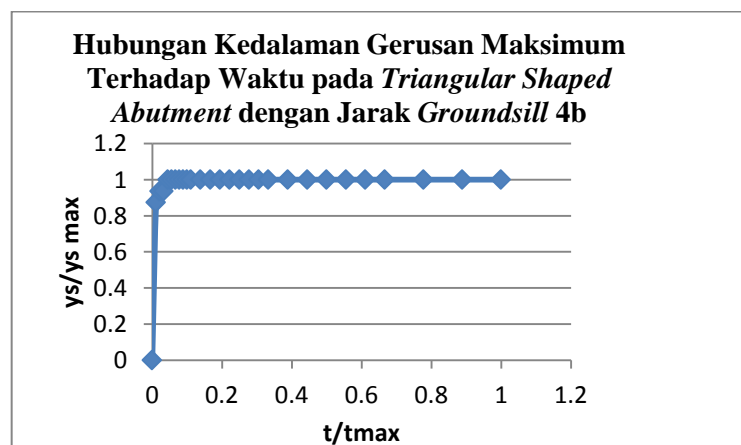
Gambar 17. Hubungan Kedalaman Gerusan Maksimum Terhadap Waktu pada *Triangular Shaped Abutment* dengan Jarak *Groundsill* 3b

Dari grafik diatas terjadinya peningkatan kedalaman gerusan. Hampir sama dengan pengamatan sebelumnya, pada awal pengamatan

yaitu pada menit-menit pertama terlihat terjadi gerusan yang cukup besar di sekitar abutmen jembatan. Hal ini dikarenakan oleh aliran-aliran yang belum setabil sehingga menyebabkan olakan yang besar dan mengakibatkan lapisan material terpengaruh oleh aliran sehingga tergerus sangat cepat. Setelah aliran hampir mencapai keseimbangan maka gerusan di sekitar abutmen akan semakin kecil dan perlahan mendekati setabil. pada bagian abutmen ini bahwa jarak *groundsill* semakin jauh dari abutmen maka gerusan akan semakin kecil. Grafik di atas menunjukkan bahwa proses angkutan sedimen gerusan tersebut dalam kondisi *clear water scour* yaitu gerusan yang terjadi tanpa adanya gerakan material dasar (tidak ada material dasar yang terangkut).

- d. Perkembangan kedalaman gerusan maksimum terhadap waktu pada *triangular shaped abutment* dengan jarak *groundsill* 4b.

Hubungan kedalaman gerusan maksimum (y_s/y_{smax}) dengan waktu (t/t_{max}) untuk debit (Q) = 2,0068 l/det pada bentuk *triangular shaped abutment* dengan jarak *groundsill* 4b tersebut di gambarkan pada grafik di bawah ini.

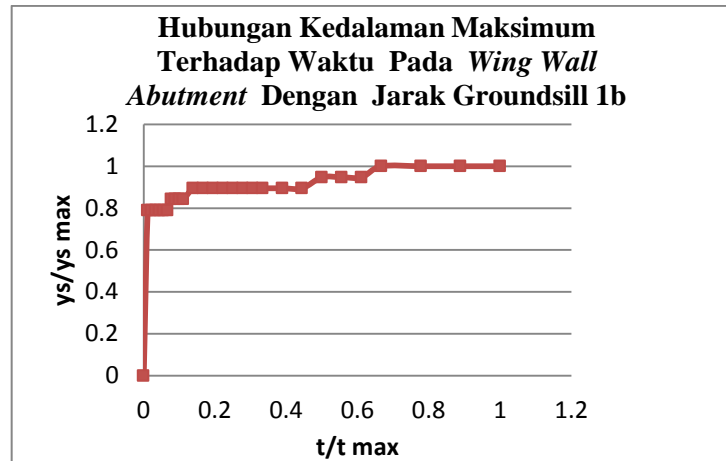


Gambar 18. Hubungan Kedalaman Gerusan Maksimum Terhadap Waktu pada *Triangular Shaped Abutment* dengan Jarak *Groundsill* 4b.

Dari grafik diatas terjadinya peningkatan kedalaman gerusan. Hampir sama dengan abutmen sebelumnya, pada awal pengamatan yaitu pada menit-menit pertama terlihat terjadi gerusan yang cukup besar di sekitar abutmen jembatan. Hal ini dikarenakan oleh aliran-aliran yang belum setabil sehingga menyebabkan olakan yang besar dan mengakibatkan lapisan material terpengaruh oleh aliran tergerus sangat cepat. Setelah aliran hampir mencapai kesetimbangan maka gerusan disekitar sayap abutmen akan semakin kecil dan perlahan mendekati kesetabilan. Pada bagian abutmen ini pola gerusan yang terjadi lebih kecil karena jarak *groundsill* yang lebih panjang dari abutmen. Grafik di atas menunjukkan bahwa proses angkutan sedimen gerusan tersebut dalam kondisi *clear water scour* yaitu gerusan yang terjadi tanpa adanya gerakan material dasar (tidak ada material dasar yang terangkut).

- e. Perkembangan Kedalaman Gerusan Maksimum Terhadap Waktu pada *Wing Wall Abutment* dengan Jarak *Groundsill* 1b.

Hubungan kedalaman gerusan maksimum (y_s/y_{smax}) dengan waktu (t/t_{max}) untuk debit (Q) = 2,0068 l/det pada bentuk *wing wall abutment* dengan jarak *groundsill* 1b tersebut digambarkan pada grafik dibawah ini.



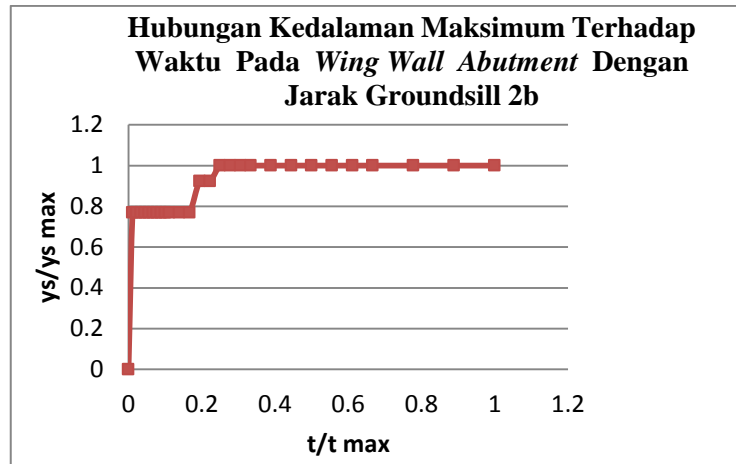
Gambar 19. Hubungan Kedalaman Gerusan Maksimum Terhadap Waktu pada *Triangular Shaped Abutment* dengan Jarak *Groundsill 1b*

Dari grafik diatas terjadinya peningkatan kedalaman gerusan.

Hampir sama dengan pengamatan sebelumnya, pada awal pengamatan yaitu pada menit-menit pertama terlihat terjadi gerusan yang cukup besar di sekitar abutmen jembatan. Hal ini dikarenakan oleh aliran-aliran yang belum setabil sehingga menyebabkan olakan yang besar dan mengakibatkan lapisan material terpengaruh oleh aliran tergerus sangat cepat. Setelah aliran hampir mencapai keseimbangan maka gerusan disekitar abutmen akan semakin kecil dan perlahan mendekati kesetabilan. Grafik di atas menunjukan bahwa proses angkutan sedimen tersebut dalam kondisi *clear water scour* yaitu gerusan yang terjadi tanpa adanya gerakan material dasar (tidak ada material dasar yang terangkut).

- f. Perkembangan Kedalaman Gerusan Maksimum Terhadap Waktu pada *Wing Wall Abutment* dengan Jarak *Groundsill 2b*

Hubungan kedalaman gerusan maksimum (y_s/y_{smax}) dengan waktu (t/t_{max}) untuk debit (Q) = 2,0068 l/det pada bentuk *wing wall abutment* dengan jarak *groundsill 2b* tersebut di gambarkan pada grafik dibawah ini.

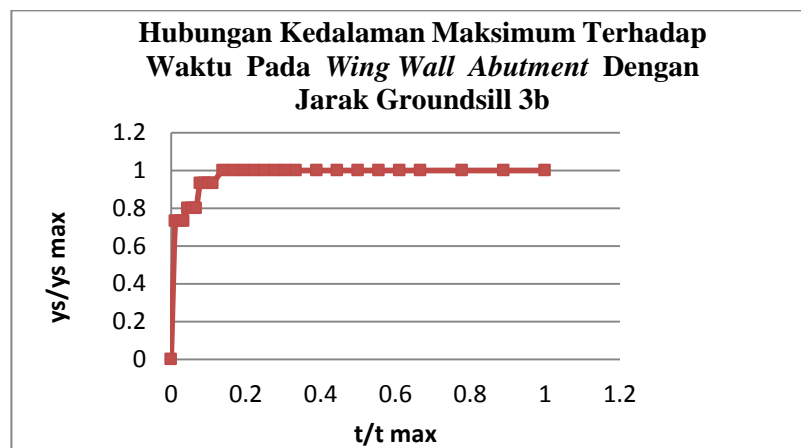


Gambar 20. Hubungan Kedalaman Gerusan Maksimum Terhadap Waktu pada *Wing Wall Abutment* dengan Jarak *Groundsill 2b*.

Dari grafik diatas terjadinya peningkatan kedalaman gerusan. Hampir sama dengan pengamatan sebelumnya, pada awal pengamatan yaitu pada menit-menit pertama terlihat terjadi gerusan yang cukup besar di sekitar abutmen jembatan. Hal ini dikarenakan oleh aliran-aliran yang belum setabil sehingga menyebabkan olakan yang besar dan mengakibatkan lapisan material terpengaruh oleh aliran tergerus sangat cepat. Setelah aliran hampir mencapai keseimbangan maka gerusan disekitar sayap abutmen akan semakin kecil dan perlahan mendekati kesetabilan. Pada bagian abutmen ini pola gerusan pada akhir kesetabilan gerusan lebih kecil dari gerusan jarak *groundsill 1b*. Grafik di atas menunjukan bahwa proses angkutan sedimen gerusan tersebut dalam kondisi *clear water scour* yaitu gerusan yang terjadi tanpa adanya gerakan material dasar (tidak ada material dasar yang terangkut).

- g. Perkembangan Kedalaman Gerusan Maksimum Terhadap Waktu pada *Wing Wall Abutment* dengan Jarak *Groundsill 3b*

Hubungan kedalaman gerusan maksimum (Y_s/Y_{smax}) dengan waktu (t/t_{max}) untuk debit (Q) = 2,0068 lt/det pada bentuk *triangular-shaped abutment* dengan jarak *groundsill* 3b tersebut di gambarkan pada grafik dibawah ini.

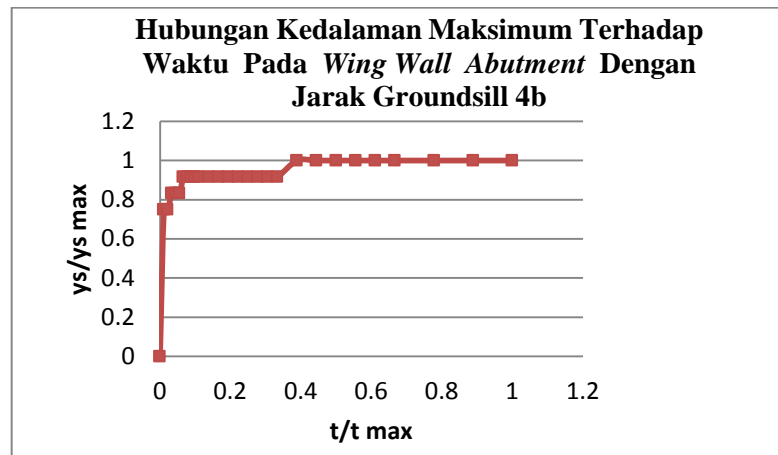


Gambar 21. Hubungan Kedalaman Gerusan Maksimum Terhadap Waktu pada *Wing Wall Abutment* dengan *Jarak Groundsill* 3b

Dari grafik diatas terjadinya peningkatan kedalaman gerusan. Hampir sama dengan pengamatan sebelumnya, pada awal pengamatan yaitu pada menit-menit pertama terlihat terjadi gerusan yang cukup besar di sekitar abutmen jembatan. Hal ini dikarenakan oleh aliran-aliran yang belum setabil sehingga menyebabkan olakan yang besar dan mengakibatkan lapisan material terpengaruh oleh aliran tergerus sangat cepat. Setelah aliran hampir mencapai keseimbangan maka gerusan disekitar sayap abutmen akan semakin kecil dan perlahan mendekati kesetabilan. Pada bagian abutmen ini pola gerusan pada akhir kesetabilan gerusan lebih kecil dari gerusan antara jarak *groundsill* 1b dan 2b. Grafik di atas menunjukan bahwa proses angkutan sedimen gerusan tersebut dalam kondisi *clear water scour* yaitu gerusan yang terjadi tanpa adanya gerakan material dasar (tidak ada material dasar yang terangkut).

h. Perkembangan Kedalaman Gerusan Maksimum Terhadap Waktu pada *Wing Wall Abutment* dengan Jarak *Groundsill* 4b

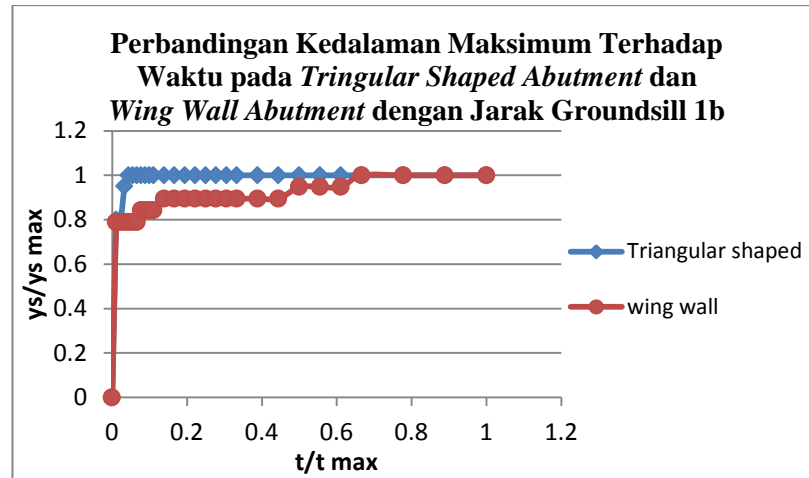
Hubungan kedalaman gerusan maksimum (y_s/y_{smax}) dengan waktu (t/t_{max}) untuk debit (Q) = 2,0068 l/det pada bentuk *triangular shaped abutment* dengan jarak *groundsill* 3b tersebut digambarkan pada grafik di bawah ini.



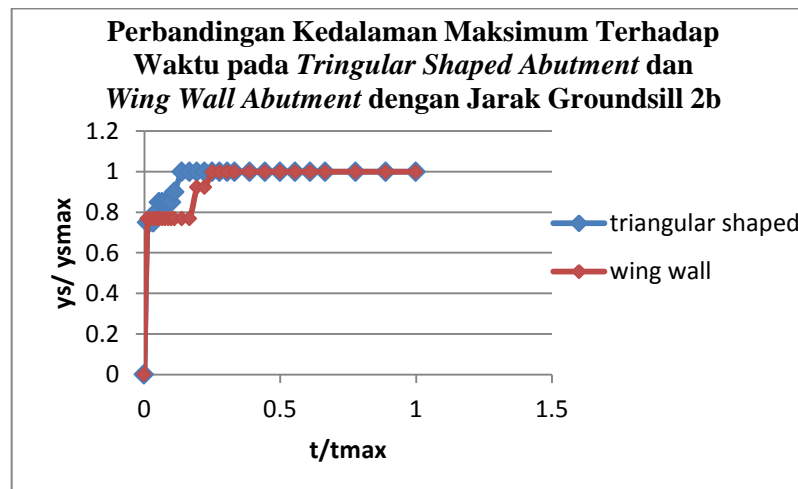
Gambar 22. Hubungan Kedalaman Gerusan Terhadap Waktu pada *Wing Wall Abutment* dengan Jarak *Groundsill* 4b

Dari grafik diatas terjadinya peningkatan kedalaman gerusan. Hampir sama dengan pengamatan sebelumnya, pada awal pengamatan yaitu pada menit-menit pertama terlihat terjadi gerusan yang cukup besar di sekitar abutmen jembatan. Hal ini dikarenakan oleh aliran-aliran yang belum setabil sehingga menyebabkan olakan yang besar dan mengakibatkan lapisan material terpengaruh oleh aliran tergerus sangat cepat. Setelah aliran hampir mencapai keseimbangan maka gerusan di sekitar abutmen akan semakin kecil dan perlahan mendekati kesetabilan. Pada bagian abutmen ini pola gerusan pada akhir kesetabilan gerusan lebih kecil dari gerusan *groundsill* 1b, 2b dan 3b. Grafik di atas menunjikan bahwa proses angkutan sedimen gerusan tersebut dalam

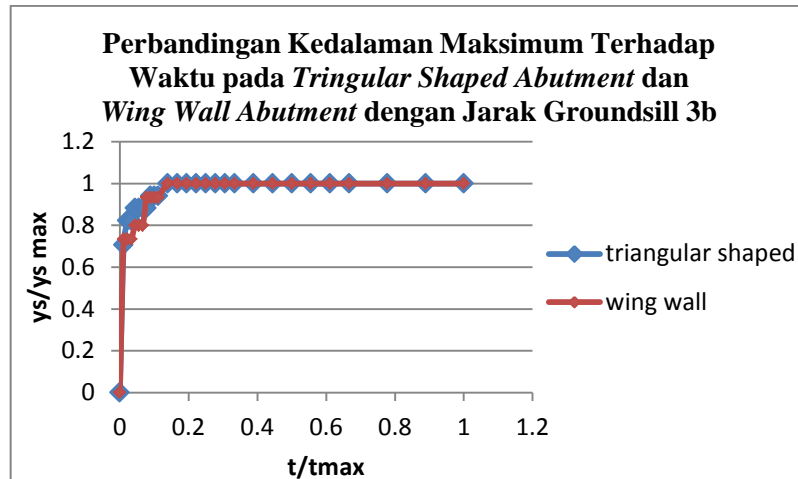
kondisi *clear water scour* yaitu gerusan yang terjadi tanpa adanya gerakan material dasar (tidak ada material dasar yang terangkut).



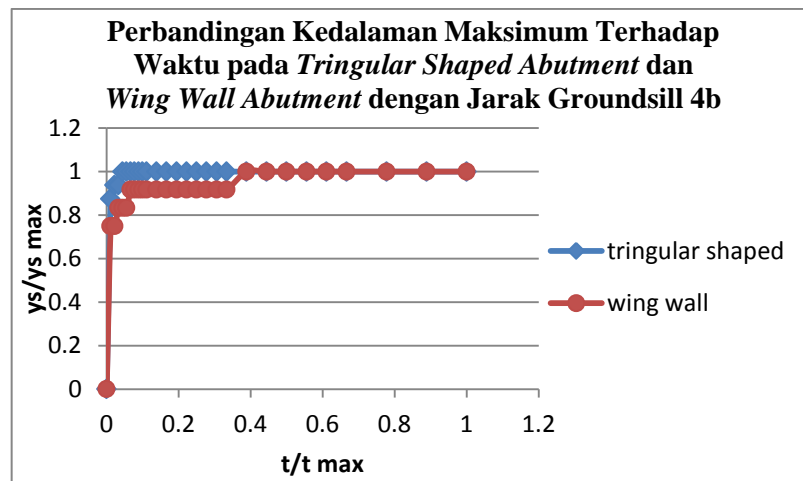
Gambar 23. Perbandingan Kedalaman Maksimum Terhadap Waktu pada *Triangular Shaped Abutment* dan *Wing Wall Abutment* dengan Jarak *Groundsill 1b*



Gambar 24. Perbandingan Kedalaman Maksimum Terhadap Waktu pada *Triangular Shaped Abutment* dan *Wing Wall Abutment* dengan Jarak *Groundsill 2b*



Gambar 25. Perbandingan Kedalaman Maksimum Terhadap Waktu pada *Tringular Shaped Abutment* dan *Wing Wall Abutment* dengan Jarak *Groundsill 3b*



Gambar 26. Perbandingan Kedalaman Maksimum Terhadap Waktu pada *Tringular Shaped Abutment* dan *Wing Wall Abutment* dengan Jarak *Groundsill 4b*

Dari perbandingan grafik antara *trinagular shaped abutment* dan *wing wall abutment*, diketahui bahwa dalam proses gerusan di sekita abutmen dengan perubahan jarak *groundsill*, dengan keadaan *clear water scour*. Dari bentuk *wing wall abutment* dan *trianguluar shaped abutment* terlihat pada menit awal *running* langsung terjadi gerusan. Gerusan tersebut terjadi pada menit 0 sampai 20, dengan kondisi tersebut aliran

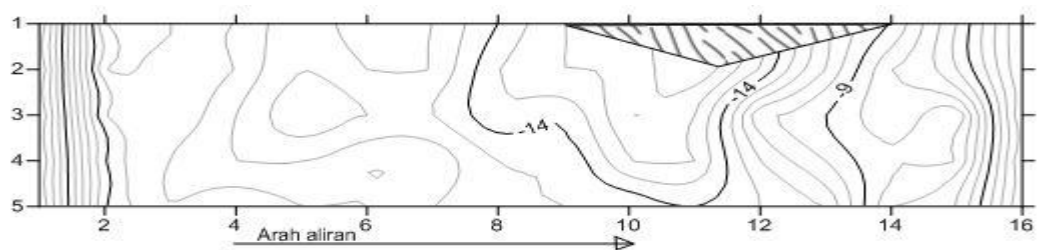
belum setabil dan gerusan paling kecil antar *triangular shaped abutment* dan *wing wall abutment* yaitu pada *wing wall abutment*.

3. Pola Gerusan di Sekitar Abutmen

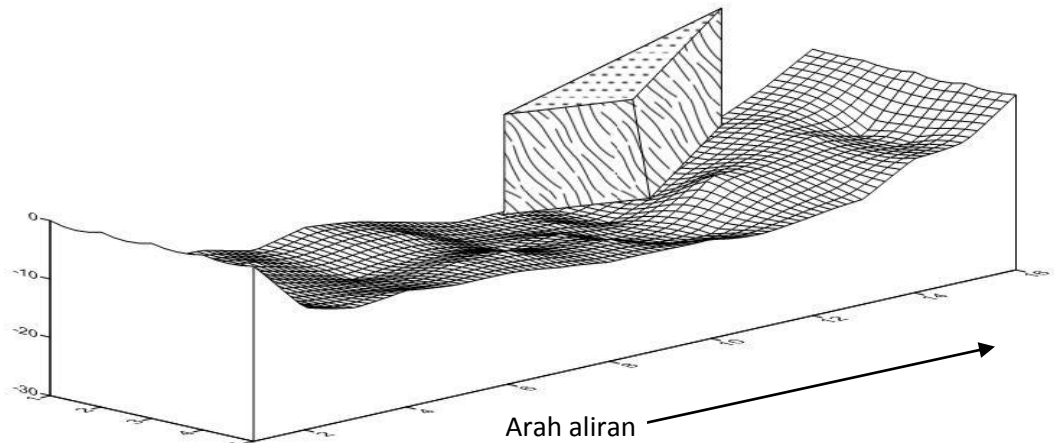
Setiap waktu pengujian 180 menit, maka dilakukan pengukuran kontur. pengukuran kontur ini dilakukan dengan *point gauge* yang berfungsi untuk mengukur kedalaman gerusan dan *deposisi* yang terjadi pada material dasar saluran di sekitar abutmen. Pengambilan koordinat kontur yaitu untuk X searah aliran, Y tegak lurus arah aliran (horizontal) dan Z tegak lurus aliran (vertikal). Kedalaman gerusan (arah Z) diukur dengan interval jarak sebesar 2 cm untuk arah X, dan 2 cm untuk arah Y. Hasil pembacaan *point gauge* menghasilkan titik-titik kedalaman (arah Z) tiap koordinat arah X dan arah Y dipermukaan material dasar dengan pola gerusan yang berbeda untuk setiap variasi penelitian. Selanjutnya data-data dan hasil pengukuran diolah untuk mendapatkan gambar kontur dan isometri.

Pola gerusan di sekitar abutmen jembatan untuk masing-masing bentuk abutmen adalah sebagai berikut.

a. Pola Gerusan di Sekitar Abutmen Jembatan pada *Triangular Shaped Abutment* dengan Jarak *Groundsill* 1b



Gambar 27. Kontur Pola Gerusan di Sekitar *Triangular Shaped* dengan Jarak *Groundsill* 1b.

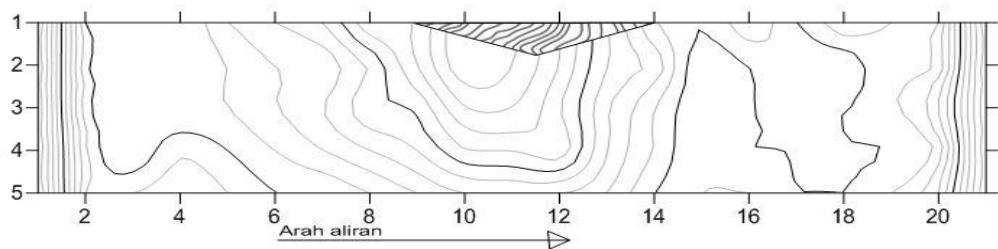


Gambar 28. Isometri Pola Gerusan di Sekitar *Triangular Shaped Abutment* dengan Jarak *Groundsill* 1b.

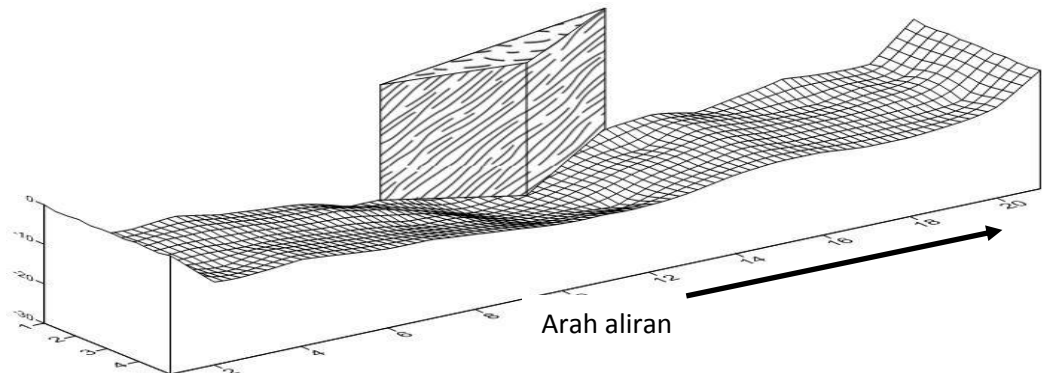
Berdasarkan hasil pengukuran *point gauge* kedalam gerusan di dapat gambar kontur dan *isometri* seperti gambar di atas.

Pola gerusan yang terjadi di sekitar abutmen dengan $Q = 2,0068 \text{ lt/dt}$ berawal dari aliran yang berasal dari hulu yang terhalang adanya abutmen jembatan. Hal ini menyebabkan timbulnya pusaran yang terjadi akibat aliran yang membentur bagian depan abutmen menjadi gaya tekan pada permukaan bagian depan abutmen tersebut. Gaya tekan tersebut menghasilkan aliran bawah (*down flow*) yang mengikis dasar saluran. Aliran bawah ini membentuk pusaran yang menggerus dari bagian depan abutmen kemudian menggerus ke samping abutmen jembatan dan menyebabkan terjadinya gerusan lokal (*local scour*) di sekitar abutmen. Hal ini juga menyebabkan terjadinya penumpukan material dasar sedimen.

- b. Pola Gerusan di Sekitar Abutmen Jembatan pada *Triangular Shaped Abutment* dengan Jarak *Groundsill* 2b.



Gambar 29. Kontur Pola Gerusan di Sekitar *Triangular Shaped Abutment* dengan *Jarak Groundsill 2b*.

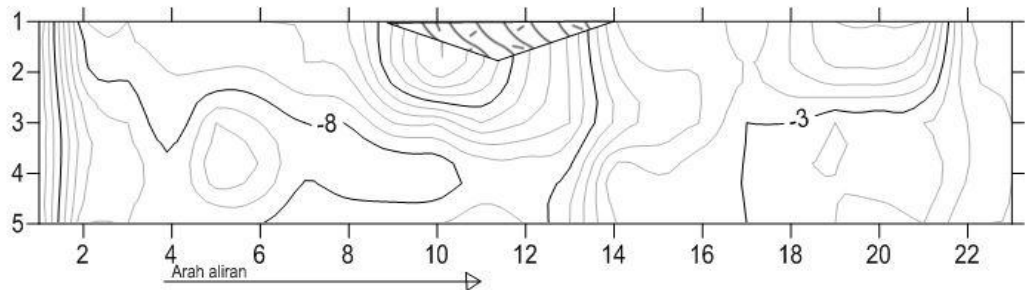


Gambar 30. Isometri Pola Gerusan di Sekitar *Triangular Shaped Abutment* dengan *Jarak Groundsill 2b*.

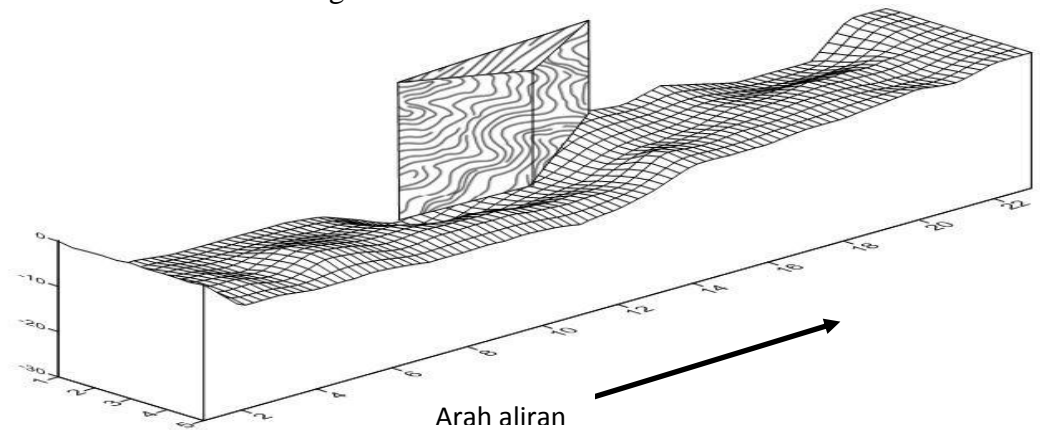
Berdasarkan hasil pengukuran *point gauge* kedalam gerusan di dapat gambar kontur dan *isometri* seperti gambar di atas.

Pola gerusan yang terjadi di sekitar abutmen dengan $Q = 2,0068 \text{ lt/dt}$ berawal dari aliran yang berasal dari hulu yang terhalang adanya abutmen jembatan. Hal ini menyebabkan timbulnya pusaran yang terjadi akibat aliran yang membentur bagian depan abutmen menjadi gaya tekan pada permukaan bagian depan pilar tersebut. Gaya tekan tersebut menghasilkan aliran bawah (*down flow*) yang mengikis dasar saluran. Aliran bawah ini membentuk pusaran yang menggerus dari bagian depan abutmen kemudian menggerus ke samping abutmen jembatan dan menyebabkan terjadinya gerusan lokal (*local scour*) di sekitar abutmen. Hal ini juga menyebabkan terjadinya penumpukan material dasar sedimen.

c. Pola Gerusan di Sekitar Abutmen Jembatan pada *Triangular Shaped Abutment* dengan Jarak *Groundsill* 3b.



Gambar 31. Kontur Pola Gerusan di Sekitar *Triangular Shaped Abutment* dengan Jarak *Groundsill* 3b.



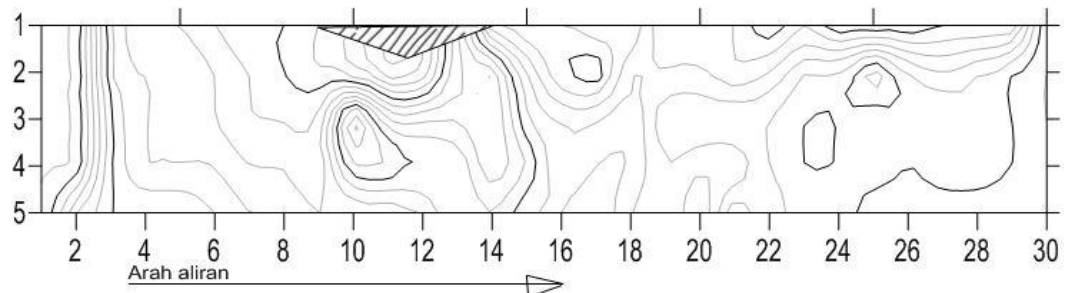
Gambar 32. *Isometri* Pola Gerusan di Sekitar *Triangular Shaped Abutment* dengan Jarak *Groundsill* 3b.

Berdasarkan hasil pengukuran *point gauge* kedalam gerusan di dapat gambar kontur dan *isometri* seperti gambar di atas.

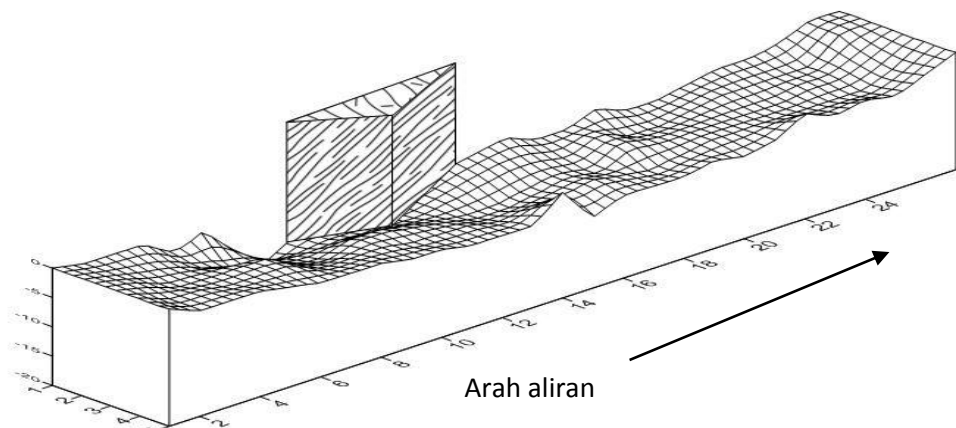
Pola gerusan yang terjadi di sekitar abutmen dengan $Q = 2,0068 \text{ lt/dt}$ berawal dari aliran yang berasal dari hulu yang terhalang adanya abutmen jembatan. Hal ini menyebabkan timbulnya pusaran yang terjadi akibat aliran yang membentur bagian depan abutmen menjadi gaya tekan pada permukaan bagian depan abutmen tersebut. Gaya tekan tersebut menghasilkan aliran bawah (*down flow*) yang mengikis dasar saluran. Aliran bawah ini membentuk pusaran yang menggerus dari bagian depan abutmen kemudian menggerus ke samping abutmen

jembatan dan menyebabkan terjadinya gerusan lokal (*local scour*) di sekitar abutmen. Hal ini juga menyebabkan terjadinya penumpukan material dasar sedimen.

- d. Pola Gerusan di Sekitar Abutmen Jembatan pada *Triangular Shaped Abutment* dengan Jarak *groundsill* 4b.



Gambar 33. Kontur Pola Gerusan di Sekitar Abutmen pada *Triangular Shaped Abutment* dengan Jarak *Groundsill* 4b.



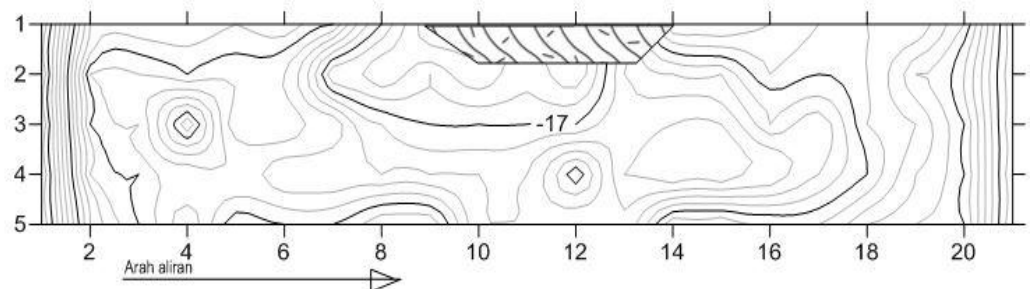
Gambar 34. *Isometri* Pola Gerusan di Sekitar Abutmen pada *Triangular Shaped Abutment* dengan Jarak *Groundsill* 4b.

Berdasarkan hasil pengukuran *point gauge* kedalam gerusan di dapat gambar kontur dan *isometri* seperti gambar di atas.

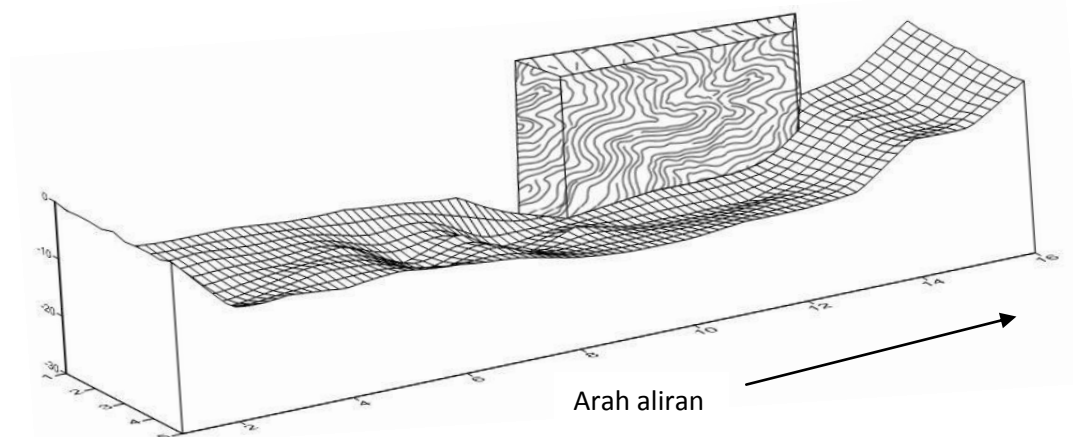
Pola gerusan yang terjadi di sekitar abutmen dengan $Q = 2,0068 \text{ lt/dt}$ berawal dari aliran yang berasal dari hulu yang terhalang adanya abutmen jembatan. Hal ini menyebabkan timbulnya pusaran yang terjadi akibat aliran yang membentur bagian depan abutmen menjadi

gaya tekan pada permukaan bagian depan abutmen tersebut. Gaya tekan tersebut menghasilkan aliran bawah (*down flow*) yang mengikis dasar saluran. Aliran bawah ini membentuk pusaran yang menggerus dari bagian depan abutmen kemudian menggerus ke samping abutmen jembatan dan menyebabkan terjadinya gerusan lokal (*local scour*) di sekitar abutmen. Hal ini juga menyebabkan terjadinya penumpukan material dasar sedimen.

- e. Pola Gerusan di Sekitar Abutmen Jembatan pada *Wing Wall Abutment* dengan Jarak *Groundsill* 1b.



Gambar 35. Kontur Pola Gerusan di Sekitar Abutmen pada *Wing Wall Abutment* dengan Jarak *Groundsill* 1b.

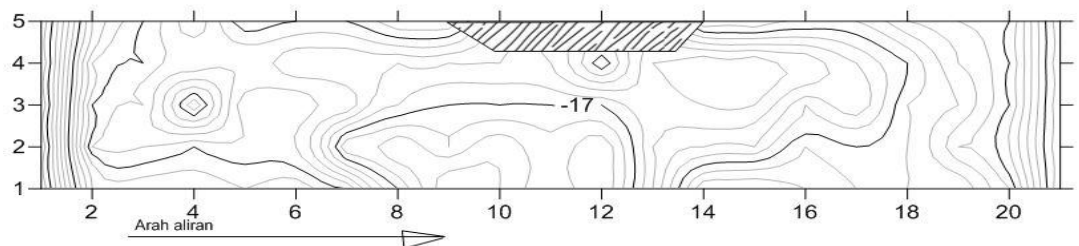


Gambar 36. *Isometri* Pola Gerusan di Sekitar Abutmen pada *Wing Wall Abutment* dengan Jarak *Groundsill* 1b.

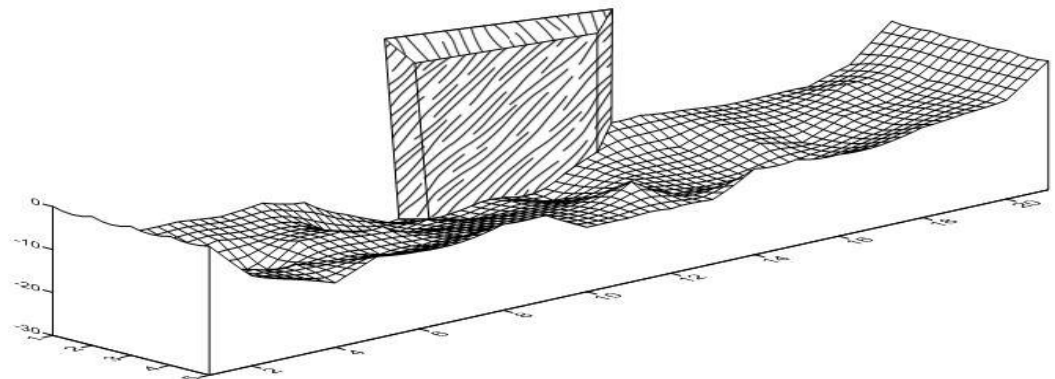
Berdasarkan hasil pengukuran *point gauge* kedalam gerusan di dapat gambar kontur dan *isometri* seperti gambar di atas.

Pola gerusan yang terjadi di sekitar abutmen dengan $Q = 2,0068$ lt/dt berawal dari aliran yang berasal dari hulu yang terhalang adanya abutmen jembatan. Hal ini menyebabkan timbulnya pusaran yang terjadi akibat aliran yang membentur bagian depan abutmen menjadi gaya tekan pada permukaan bagian depan abutmen tersebut. Gaya tekan tersebut menghasilkan aliran bawah (*down flow*) yang mengikis dasar saluran. Aliran bawah ini membentuk pusaran yang menggerus dari bagian depan abutmen kemudian menggerus ke samping abutmen jembatan dan menyebabkan terjadinya gerusan lokal (*local scour*) di sekitar abutmen. Hal ini juga menyebabkan terjadinya penumpukan material dasar sedimen.

- f. Pola Gerusan di Sekitar Abutmen Jembatan pada *Wing Wall Abutment* dengan Jarak *Groundsill* 2b.



Gambar 37. Kontur Pola Gerusan di Sekitar Abutmen pada *Wing Wall Abutment* dengan Jarak *Groundsill* 2b.

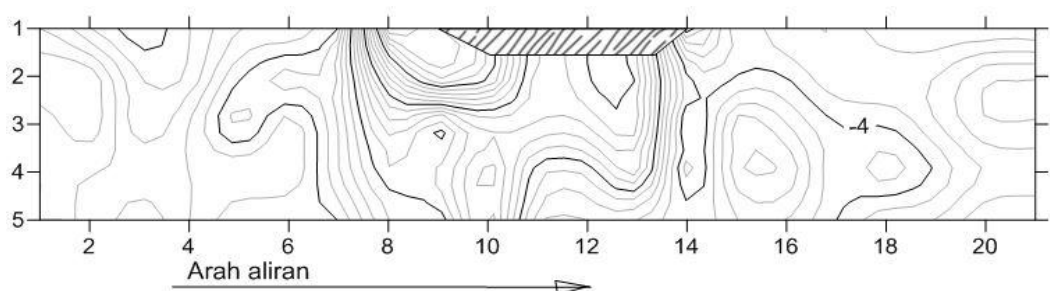


Gambar 38. Isometri Pola Gerusan di Sekitar Abutmen Jembatan pada *Wing Wall Abutment* dengan Jarak *Groundsill* 2b.

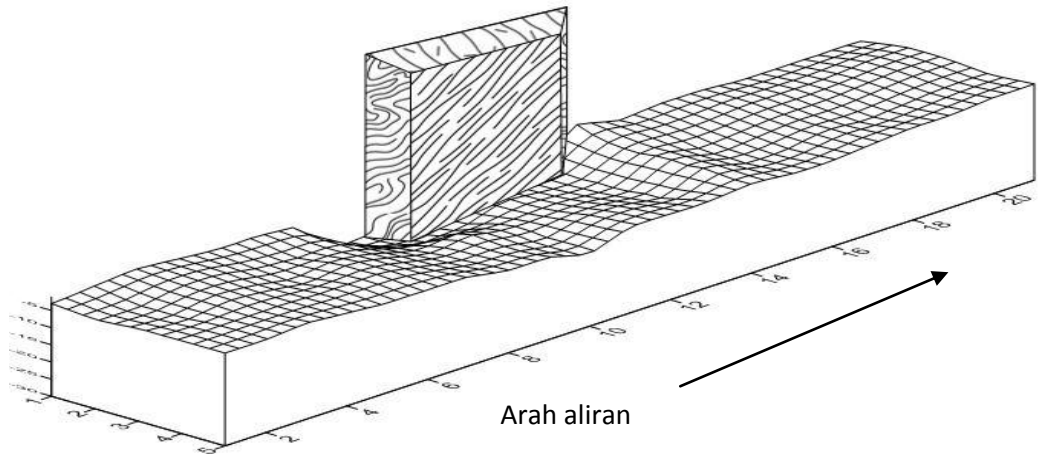
Berdasarkan hasil pengukuran *point gauge* kedalam gerusan di dapat gambar kontur dan *isometri* seperti gambar di atas.

Pola gerusan yang terjadi di sekitar abutmen dengan $Q = 2,0068$ lt/dt berawal dari aliran yang berasal dari hulu yang terhalang adanya abutmen jembatan. Hal ini menyebabkan timbulnya pusaran yang terjadi akibat aliran yang membentur bagian depan abutmen menjadi gaya tekan pada permukaan bagian depan abutmen tersebut. Gaya tekan tersebut menghasilkan aliran bawah (*down flow*) yang mengikis dasar saluran. Aliran bawah ini membentuk pusaran yang menggerus dari bagian depan abutmen kemudian menggerus ke samping abutmen jembatan dan menyebabkan terjadinya gerusan lokal (*local scour*) di sekitar abutmen. Hal ini juga menyebabkan terjadinya penumpukan material dasar sedimen.

g. Pola Gerusan di Sekitar Abutmen Jembatan pada *Wing Wall Abutment* dengan Jarak *Groundsill* 3b.



Gambar 39. Kontur Pola gerusan di Sekitar Abutmen pada *Wing Wall Abutment* dengan Jarak *Groundsill* 3b.

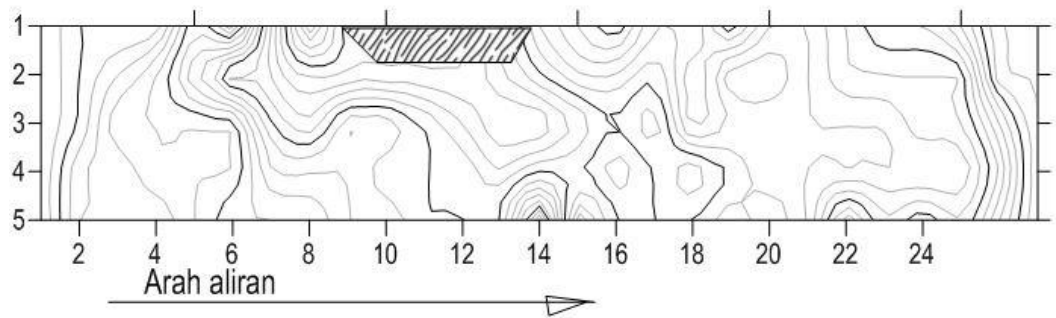


Gambar 40. *Isometri Pola Gerusan di Sekitar Abutmen Jembatan pada Wing Wall Abutment dengan Jarak Groundsill 3b.*

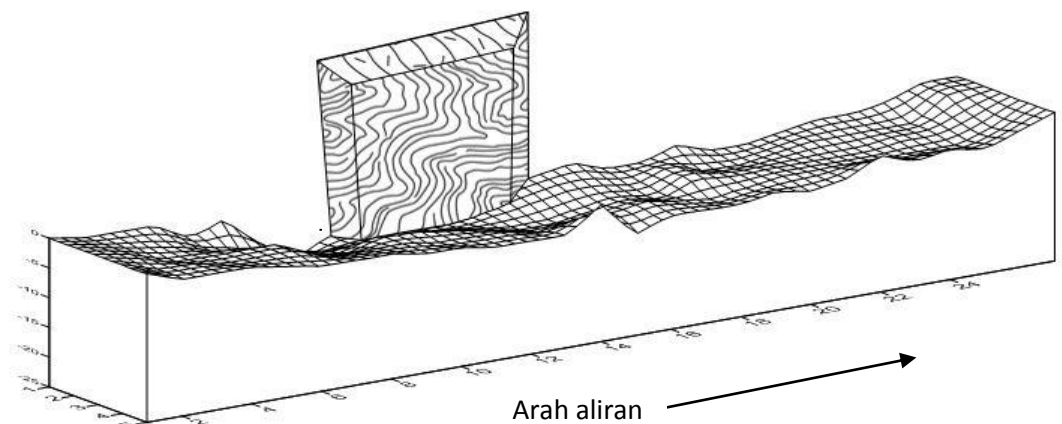
Berdasarkan hasil pengukuran *point gauge* kedalam gerusan di dapat gambar kontur dan *isometri* seperti gambar di atas.

Pola gerusan yang terjadi di sekitar abutmen dengan $Q = 2,0068 \text{ lt/dt}$ berawal dari aliran yang berasal dari hulu yang terhalang adanya abutmen jembatan. Hal ini menyebabkan timbulnya pusaran yang terjadi akibat aliran yang membentur bagian depan abutmen menjadi gaya tekan pada permukaan bagian depan abutmen tersebut. Gaya tekan tersebut menghasilkan aliran bawah (*down flow*) yang mengikis dasar saluran. Aliran bawah ini membentuk pusaran yang menggerus dari bagian depan abutmen kemudian menggerus ke samping abutmen jembatan dan menyebabkan terjadinya gerusan lokal (*local scour*) di sekitar abutmen. Hal ini juga menyebabkan terjadinya penumpukan material dasar sedimen.

- h. Pola Gerusan di Sekitar Abutmen Jembatan pada *Wing Wall Abutment* dengan Jarak *Groundsill* 4b.



Gambar 41. Kontur Pola Gerusan di Sekitar Abutmen Pada *Wing Wall Abutment* dengan Jarak *Groundsill* 4b.



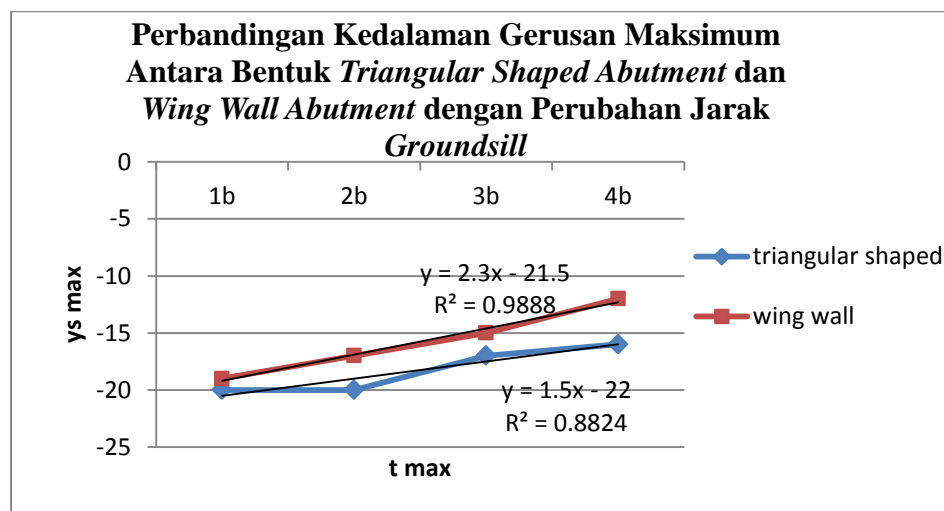
Gambar 42. *Isometri* Pola Gerusan di Sekitar Abutmen pada *Wing Wall Abutment* dengan Jarak *Groundsill* 4b.

Berdasarkan hasil pengukuran *point gauge* kedalam gerusan di dapat gambar kontur dan *isometri* seperti gambar di atas.

Pola gerusan yang terjadi di sekitar abutmen dengan $Q = 2,0068 \text{ lt/dt}$ berawal dari aliran yang berasal dari hulu yang terhalang adanya abutmen jembatan. Hal ini menyebabkan timbulnya pusaran yang terjadi akibat aliran yang membentur bagian depan abutmen menjadi gaya tekan pada permukaan bagian depan abutmen tersebut. Gaya tekan tersebut menghasilkan aliran bawah (*down flow*) yang mengikis dasar saluran. Aliran bawah ini membentuk pusaran yang menggerus dari bagian depan abutmen kemudian menggerus ke samping abutmen

jembatan dan menyebabkan terjadinya gerusan lokal (*local scour*) di sekitar abutmen. Hal ini juga menyebabkan terjadinya penumpukan material dasar sedimen.

Dari keseluruhan pola gerusan di atas dapat di peroleh perbandingan kedalaman gerusan antar bentuk *triangular shaped abutment* dan *wing wall abutment* dengan perubahan jarak *groundsill* seperti pada gambar di bawah ini.



Gambar 43. Perbandingan Kedalam Gerusan Maksimum Antara Bentuk *Triangular Shaped Abutment* dan *Wing Wall Abutment* dengan Perubahan Jarak *Groundsill*

Dari perbandingan grafik di atas pada kedalaman gerusan maksimum dengan perubahan jarak *groundsill* semakin panjang jarak *groundsill* gerusan semakin kecil dan gerusan paling kecil yaitu pada *wing wall abutment*. Dari penelitian di Laboratorium Hidrolika Teknik Sipil UNY ketelitian pengambilan data 1 (satu) milimeter sehingga pembacaan bisa terjadi kesalahan kurang pas dalam mengambil data misal pembacaan tidak tegak lurus dengan aliran pengamatan bisa terjadi lebih dangkal atau lebih dalam, pengamatan harus tegak lurus dengan

aliran. Adanya mika di tempelkan dengan milimeter blok akan terjadi embun oleh karena itu setiap 1 kali pengujian benda uji, harus di lap atau di bersihkan bagian embun dan tetapkan milimeter blok pada kondisi tidak berubah agar tidak menggagu saat pembacaan dan agar lebih jelas saat pembacaan pada titik gerusan. Sebelum pemasangan milimeter blok pastikan milimeter blok tidak buram atau tidak rusak pada garis-garis agar pembacaan saat penelitian terbaca dengan jelas.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Dari hasil penelitian dapat disimpulkan sebagai berikut

1. Dari perbandingan bentuk *triangular shaped abutment* dan *wing wall abutment* dengan perubahan jarak *groundsill* gerusan yang paling kecil yaitu *wing wall* dengan hubungan kedalaman maksimum terhadap waktu.
2. Dengan adanya *groundsill* akan mengurangi gerusan yang terjadi di sekitar abutmen semakin panjang jarak *groundsill* dengan abutmen jembatan akan semakin kecil gerusan yang terjadi pada abutmen jembatan.
3. *Groundsill* akan mempengaruhi kedalaman gerusan di sekitar bentuk abutmen karena terpengaruh oleh aliran pada hulu *groundsill* (aliran berubah cepat).

B. Saran

Berdasarkan hasil dan pembahasan pada bab sebelumnya, maka saran yang dapat disampaikan penulis adalah sebagai berikut:

1. Pada bagian luar abutmen yang terkena muka/ milimeter blok perlu setiap 1 kali pengujian di bersihkan supaya lebih jelas di baca tidak mengganggu saat penelitian dan tetapkan milimeter blok tidak berubah.
2. Perlu lebih teliti dalam pengambilan data dan fokus dalam pengamatan.
3. Dalam pembuatan bentuk abutmen perlu dengan adanya ukuran yang lebih rapi dan sesuai dengan ukuran yang telah di tentukan.

DAFTAR PUSTAKA

- Agung Wiyono, dkk (2011). Perbandingan Gerusan Lokal Yang Terjadi di Sekitar Abutmen Dinding Vertikal Tanpa Sayap dan dengan Sayap pada Saluran Lurus, Tikungan 90° , dan 180° (Kajian Laboratorium). Jurnal Teoretis dan Terapan Bidang Rekayasa Vol. 18 No. 1 April 2011. Halaman 41-54
- Anid Supriyadi, dkk. (2007). Tingkat Efektifitas Penanganan Gerusan pada Pilar Silinder dengan Tirai dan Plat. Jurnal Forum Teknik Sipil No. XVII 1-januari 2007 Halaman 398-410
- Anton Arianta (2010). Analisis Bentuk Pilar Jembatan Terhadap Potensi Gerusan Lokal. (Model Pilar Berpenampang Bujur Sangkar, Bulat dan Jajaran Genjang). Jurnal Aptek vol. 2 no. 1 juli 2010
- Bambang Triatmojo (1994). Hidrolika II, Beta Offset, Yogyakarta
- Breuser, H.N.C., dan Raud kivi, A.J (1991). *Scouring*. Rotterdam: A.A.Balkema
- Kodoartie Robert J. (2002,2005,2009) “ Hidrolika Terapan Aliran pada Saluran Terbuka dan Pipa,” penerbit C.V Andi Offset (penerbit andi)
- Maryono Agus. Eko-Hidrolik Pembangunan Sungai. Penerbit Magister Sistem Teknik Program Pascasarjana, UGM. Yogyakarta
- Mulyanto H.R (2007). Sungai Fungsi dan Sifat Sifatnya. Graha Ilmu, Yogyakarta
- Nina Bariroh Rustiati. Gerusan Lokal Disekitar Abutment Jembatan Labuan. Jurnal Smartek, Vol. 5, No. 3, Agustus 2007: 157 – 165.
- Ranga Raju, K.G., (1977),”Aliran Melalui Saluran Terbuka,”. Terjemah Yan Piter Pangaribuan, Direktorat Jendral Pengairan, Departemen Pekerjaan Umum . Jakarta.
- Sosro Darsono Suyono dan Masteru Tominaga. Perbaikan dan Pengaturan Sungai. (Alih bahasa: Yusuf Gayo Dkk). Jakarta pusat: penerbit P.T. Pradnya Pramita
- Sucipto (2010). Analisis Gerusan Lokal di Sekitar Semi-Circular-End Abutment dengan Perlindungan *Groud sill* Pada *Froud Number* (Fr) 0,2. Jurnal Teknik Sipil dan Perencanaan, Nomor 1 volume 12 – januari 2010, hal: 29-40.
- Tim Proyek Akhir. 2014. Pedoman Proyek Akhir dan Skripsi Universitas Negeri Yogyakarta.

Lampiran 1

Perkembangan kedalaman gerusan terhadap waktu pada debit 2 m³/dtk
running 19 Triangular-shaped abutment ground-sill 1 b
 Q terbaca 2 m³/dtk
 Q nyata; 2,0068
 hari/tagal; 23 juli 2014

waktu	titik kedalaman gerusan																								
(menit)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-5	-7	-11	-13	-15	-16	-16	-15	-13	-12	-10	-6	-6	-6	-6	0	0
4	-4	-4	-4	-5	-5	-5	-6	-6	-7	-7	-11	-13	-15	-16	-16	-17	-15	-13	-11	-6	-6	-6	-6	0	0
6	-6	-6	-6	-6	-6	-6	-6	-7	-8	-10	-11	-14	-17	-18	-19	-17	-15	-14	-11	-7	-6	-6	-6	0	0
8	-7	-7	-7	-7	-6	-6	-7	-7	-9	-10	-13	-15	-17	-18	-20	-17	-15	-15	-12	-7	-7	-7	-6	-5	0
10	-9	-9	-8	-7	-8	-8	-8	-8	-10	-12	-13	-15	-18	-18	-20	-17	-16	-15	-12	-8	-8	-8	-7	-5	0
12	-9	-9	-8	-8	-8	-8	-8	-8	-10	-13	-13	-13	-17	-18	-20	-17	-16	-15	-12	-8	-8	-8	-7	-3	0
14	-9	-8	-8	-8	-8	-7	-8	-8	-10	-13	-13	-14	-17	-18	-20	-17	-16	-16	-12	-8	-8	-8	-7	-3	0
16	-9	-9	-8	-8	-8	-8	-8	-8	-10	-13	-13	-14	-17	-18	-20	-17	-16	-16	-12	-8	-8	-8	-7	-3	0
18	-9	-9	-9	-9	-9	-8	-8	-10	-10	-13	-13	-13	-17	-18	-20	-17	-16	-16	-12	-8	-8	-8	-7	-3	0
20	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-13	-13	-15	-17	-18	-20	-17	-16	-16	-12	-8	-8	-8	-7	-3	0
25	-10	-10	-9	-9	-10	-10	-10	-10	-11	-13	-13	-13	-15	-18	-20	-17	-16	-16	-12	-8	-9	-8	-7	-4	0
30	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-11	-13	-13	-15	-17	-18	-20	-17	-16	-16	-12	-8	-9	-8	-7	-5	0
35	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-11	-13	-14	-14	-17	-18	-20	-17	-16	-16	-12	-8	-9	-8	-7	-5	0
40	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-11	-14	-14	-14	-17	-18	-20	-17	-16	-16	-12	-8	-9	-8	-7	-5	0
45	-10	-10	-10	-10	-11	-11	-11	-11	-11	-14	-15	-15	-16	-18	-20	-17	-16	-16	-12	-8	-9	-8	-7	-5	0
50	-10	-10	-10	-10	-11	-11	-11	-11	-12	-14	-15	-16	-16	-18	-20	-17	-16	-16	-11	-9	-9	-8	-7	-5	0
55	-10	-10	-10	-10	-11	-11	-11	-11	-12	-14	-15	-16	-16	-18	-20	-17	-16	-16	-11	-9	-9	-8	-7	-5	0
60	-10	-11	-10	-10	-11	-11	-11	-11	-12	-14	-15	-16	-16	-18	-20	-17	-16	-16	-11	-9	-9	-8	-7	-5	0
70	-11	-11	-10	-10	-11	-11	-11	-11	-13	-14	-16	-14	-16	-18	-20	-17	-16	-16	-12	-9	-9	-8	-7	-5	0
80	-11	-11	-10	-11	-11	-11	-10	-12	-13	-14	-16	-14	-16	-18	-20	-17	-16	-16	-12	-9	-9	-8	-7	-5	0
90	-11	-11	-10	-11	-11	-11	-10	-12	-13	-15	-15	-15	-16	-18	-20	-17	-16	-16	-12	-9	-9	-8	-7	-5	0
100	-11	-11	-10	-11	-11	-11	-10	-12	-13	-15	-16	-15	-16	-18	-20	-17	-16	-16	-12	-9	-9	-8	-7	-5	0
110	-11	-11	-10	-11	-11	-11	-11	-12	-13	-15	-16	-14	-16	-18	-20	-17	-16	-16	-13	-9	-9	-9	-7	-5	0
120	-11	-11	-11	-11	-11	-12	-11	-12	-14	-15	-17	-16	-16	-18	-20	-17	-16	-16	-13	-9	-9	-9	-7	-6	0
140	-11	-12	-11	-11	-11	-12	-12	-12	-14	-16	-16	-16	-16	-18	-20	-17	-16	-16	-13	-9	-8	-9	-7	-6	0
160	-11	-12	-11	-11	-11	-12	-12	-13	-14	-16	-16	-16	-16	-18	-20	-17	-16	-16	-13	-9	-8	-9	-7	-6	0
180	-11	-12	-11	-11	-11	-12	-12	-13	-14	-16	-16	-16	-16	-18	-20	-17	-16	-16	-13	-9	-8	-9	-7	-6	0

Kedalaman Gerusan (Poin Gauge) dengan *Triangular Shaped Abutment* dengan Jarak *Groundsill* 1 b

Q Terbaca : 2 m/dtk

Q Nyata :0,0068 m/dtk

Y	x (mm)															
	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8
1	0	-11	-11	-11	-13	-11	-12	-14	Bagian Abutmen					-9	-5	0
2	0	-11	-10	-11	-13	-12	-12	-15	-16	-16	-18	-15	-11	-7	-5	0
3	0	-10	-10	-12	-14	-13	-13	-15	-14	-17	-16	-10	-9	-7	-9	0
4	0	-9	-11	-12	-12	-11	-11	-13	-13	-16	-16	-12	-10	-8	-8	0
5	0	-9	-11	-10	-11	-11	-12	-13	-13	-13	-14	-13	-12	-7	-6	0

Lampiran 2

perkembangan kedalaman gerusan terhadap waktu pada debit 2 m³/dtk
 running 14, triangulars haped dengan jarak ground-sill 2b
 Q terbaca 2 m³/dtk
 Qnyata; 2,0068 m³/det
 hari/tgl; 18 juli 2014

waktu	titik kedalaman gerusan																																		
(menit)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	34	35	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
2	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-5	-12	-13	-14	-14	-15	-15	-15	-15	-13	-9	-6	-5	-5	-5	-4	-3	-3	-3	-3	-4	-5	-5	-5	-4	0	
4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-3	-6	-12	-13	-14	-14	-15	-15	-15	-15	-13	-9	-6	-5	-5	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-3	0	
6	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-4	-6	-12	-13	-14	-14	-15	-15	-15	-15	-13	-9	-6	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-6	-6	-6	-2	0
8	-7	-7	-7	-6	-6	-5	-5	-5	-7	-12	-13	-15	-14	-15	-16	-16	-15	-13	-9	-6	-5	-5	-5	-5	-6	-6	-6	-7	-6	-6	-6	-6	-4	0	
10	-7	-7	-7	-7	-7	-7	-7	-5	-7	-12	-13	-15	-15	-17	-17	-16	-15	-13	-10	-6	-5	-5	-5	-5	-6	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-6	-3	0
12	-8	-8	-8	-8	-8	-8	-8	-7	-9	-12	-13	-15	-17	-17	-17	-17	-15	-13	-10	-6	-5	-5	-5	-5	-5	-2	-3	-3	-3	-3	-3	-4	-3	-2	0
14	-8	-8	-9	-8	-8	-8	-8	-8	-10	-13	-13	-15	-18	-17	-17	-17	-15	-13	-10	-7	-7	-7	-7	-7	-8	-8	-8	-8	-16	-7	-7	-7	-3	-4	0
16	-8	-8	-8	-8	-8	-8	-9	-8	-10	-13	-14	-15	-18	-17	-17	-17	-15	-13	-10	-7	-7	-7	-7	-7	-7	-8	-8	-8	-8	-8	-8	-7	-6	-4	0
18	-8	-8	-8	-9	-8	-8	-8	-9	-10	-13	-14	-15	-18	-17	-17	-17	-15	-15	-10	-7	-6	-6	-6	-6	-7	-7	-8	-8	-8	-8	-8	-7	-7	-5	0
20	-7	-8	-8	-8	-8	-8	-8	-10	-10	-13	-14	-15	-18	-17	-18	-17	-16	-15	-10	-7	-7	-7	-7	-6	-8	-8	-8	-8	-9	-8	-8	-8	-5	0	
25	-10	-10	-9	-9	-8	-8	-8	-9	-10	-13	-14	-15	-18	-18	-20	-18	-17	-15	-11	-10	-8	-8	-8	-7	-5	-7	-8	-9	-9	-9	-9	-8	-2	0	
30	-10	-10	-10	-10	-8	-8	-10	-8	-10	-13	-14	-16	-18	-18	-20	-18	-17	-15	-11	-10	-10	-10	-10	-11	-11	-11	-10	-9	-9	-9	-9	-8	-5	0	
35	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-13	-14	-18	-18	-18	-20	-18	-16	-15	-11	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-8	-9	-4	0
40	-11	-10	-11	-11	-10	-11	-12	-11	-12	-19	-14	-18	-20	-20	-20	-18	-17	-15	-10	-10	-9	-9	-10	-11	-11	-11	-9	-10	-7	-7	-8	-9	-4	0	
45	-11	-10	-11	-12	-11	-12	-15	-12	-12	-19	-18	-20	-20	-20	-20	-18	-17	-15	-12	-10	-10	-10	-10	-11	-11	-11	-10	-10	-7	-8	-8	-6	-4	0	
50	-11	-10	-11	-12	-11	-15	-15	-15	-13	-19	-19	-20	-20	-20	-20	-18	-17	-15	-12	-10	-10	-10	-10	-12	-15	-11	-8	-9	-7	-9	-9	-7	-5	0	
55	-12	-10	-11	-12	-11	-15	-15	-14	-14	-19	-19	-20	-20	-20	-20	-18	-17	-15	-12	-10	-10	-10	-10	-12	-12	-11	-8	-10	-8	-8	-9	-8	-4	0	
60	-12	-10	-11	-12	-11	-15	-15	-15	-14	-19	-20	-20	-20	-20	-20	-19	-17	-14	-12	-10	-10	-10	-10	-12	-12	-11	-8	-8	-8	-8	-9	-8	-4	0	
70	-12	-10	-11	-13	-11	-15	-14	-14	-14	-20	-20	-20	-20	-20	-20	-19	-17	-15	-12	-10	-10	-10	-10	-11	-11	-11	-8	-10	-8	-8	-9	-7	-4	0	
80	-12	-10	-11	-13	-11	-12	-13	-13	-15	-20	-20	-20	-20	-20	-20	-19	-17	-15	-12	-10	-10	-10	-10	-11	-11	-11	-9	-9	-8	-9	-9	-8	-4	0	
90	-12	-10	-11	-13	-12	-13	-13	-14	-14	-20	-20	-20	-20	-20	-20	-19	-17	-15	-12	-10	-10	-10	-10	-12	-12	-11	-10	-9	-8	-9	-9	-8	-2	0	
100	-12	-10	-11	-13	-12	-13	-14	-14	-14	-20	-20	-20	-20	-20	-20	-19	-17	-15	-12	-11	-10	-10	-10	-12	-12	-11	-9	-10	-8	-9	-9	-7	-4	0	
110	-12	-10	-11	-13	-13	-13	-14	-14	-14	-20	-20	-20	-20	-20	-20	-19	-17	-15	-12	-11	-10	-10	-10	-12	-12	-11	-9	-10	-8	-9	-9	-7	-4	0	
120	-12	-10	-11	-13	-13	-13	-14	-14	-14	-20	-20	-20	-20	-20	-20	-19	-17	-15	-12	-11	-10	-10	-10	-12	-12	-11	-9	-10	-8	-9	-9	-7	-3	0	
140	-12	-10	-11	-13	-13	-13	-14	-14	-14	-20	-20	-20	-20	-20	-20	-19	-17	-15	-12	-11	-10	-10	-10	-12	-12	-11	-9	-10	-8	-9	-9	-7	-5	0	
160	-12	-10	-11	-13	-13	-13	-14	-14	-14	-20	-20	-20	-20	-20	-20	-19	-17	-15	-12	-11	-10	-10	-10	-12	-12	-11	-9	-10	-8	-9	-9	-7	-5	0	
180	-12	-10	-11	-13	-13	-13	-14	-14	-14	-20	-20	-20	-20	-20	-20	-19	-17	-15	-12	-11	-10	-10	-10	-12	-12	-11	-9	-10	-8	-9	-9	-7	-5	0	

Kedalaman Gerusan Pada *Triangular Shaped Abutment* dengan Jarak *groundsill 2b*

Q terbaca: 2 m/dtk

Q nyata: 2,0068 m/dtk

Y	x (mm)																					
	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
1	0	-10	-11	-10	-12	-13	-14	-17	Bagian Abutmen						-11	-10	-12	-10	-8	-9	-9	0
2	0	-10	-10	-10	-11	-12	-12	-14	-17	-20	-19	-17	-14	-13	-9	-10	-11	-11	-9	-9	0	
3	0	-10	-10	-11	-11	-12	-13	-15	-15	-18	-18	-16	-13	-11	-9	-10	-10	-10	-9	-7	0	
4	0	-9	-11	-9	-10	-11	-12	-13	-14	-16	-16	-17	-13	-11	-9	-10	-10	-10	-10	-9	0	
5	0	-9	-9	-8	-9	-10	-10	-11	-12	-13	-13	-13	-12	-10	-9	-9	-10	-10	-9	-7	0	

Lampiran 3

perkembangan kedalaman gerusan terhadap waktu pada debit 2 m3/dtk

Running 11. triangular-shaped dengan ground-sill 3 b

Q terbaca 2 m3/dtk

Q nyata; 2,0068

hari/tgl; senen 17 juli 2014

waktu	titik kedalaman gerusan																																							
(menit)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	34	35	36	37	38	39	40	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
2	0	0	0	0	0	-1	-1	-1	-1	-3	-3	-9	-11	-11	-12	-12	-10	-9	-7	-2	-3	-2	-2	0	0	0	0	0	0	-1	-2	-3	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4
4	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1	0	-3	-5	-9	-11	-11	-14	-14	-12	-10	-9	-6	-2	-3	-2	-2	-2	-2	-2	0	-1	-2	-3	-3	-3	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-3
6	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-3	-5	-11	-11	-12	-14	-14	-12	-10	-9	-7	-3	-3	-3	-2	-3	-3	-3	-3	-4	-4	-5	-5	-5	-6	-6	-6	-6	-4	-3	-5	-2
8	-3	-3	-4	-4	-4	-4	-4	-5	-5	-5	-11	-11	-12	-15	-15	-13	-12	-11	-7	-3	-3	-3	-3	-4	-4	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-6	-6	-6	-6	-6	-1	-3	-2	
10	-4	-4	-4	-5	-5	-5	-4	-5	-5	-5	-12	-11	-12	-15	-15	-14	-12	-11	-8	-3	-3	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-5	-5	-6	-6	-6	-6	-6	-6	-1	-2	-2
12	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-6	-6	-6	-6	-11	-11	-12	-15	-15	-15	-12	-11	-7	-2	-3	-3	-3	-4	-4	-5	-5	-5	-3	-6	-6	-6	-4	-5	-5	-5	-5	-1	-3	-2
14	-6	-6	-5	-5	-5	-5	-5	-6	-6	-7	-11	-11	-14	-15	-15	-15	-12	-11	-9	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-5	-5	-2	-4	-5	-6	-5	-5	-5	-6	-1	-3	-2	
16	-7	-7	-6	-5	-4	-4	-5	-6	-7	-9	-11	-11	-14	-16	-16	-15	-12	-9	-8	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-5	-5	-3	-5	-5	-5	-5	-3	-3	-6	-1	-2	-2	
18	-7	-7	-5	-5	-5	-5	-6	-6	-7	-8	-11	-11	-14	-16	-16	-15	-12	-10	-8	-4	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-5	-3	-4	-5	-5	-6	-5	-5	-5	-1	-3	-3	
20	-7	-7	-5	-5	-6	-5	-6	-6	-7	-8	-11	-11	-15	-16	-16	-17	-12	-10	-8	-4	-3	-2	-3	-3	-3	-5	-4	-5	-2	-4	-5	-5	-6	-5	-5	-5	-2	-2	-3	
25	-7	-7	-4	-5	-6	-6	-7	-8	-8	-9	-11	-11	-15	-16	-17	-17	-12	-10	-8	-4	-3	-2	-3	-3	-3	-3	-5	-5	-2	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-2	-3	-3	
30	-7	-6	-6	-6	-6	-7	-8	-8	-8	-9	-11	-11	-15	-16	-17	-17	-12	-11	-8	-4	-2	-3	-3	-4	-3	-4	-5	-5	-2	-5	-5	-5	-6	-5	-5	-5	-1	-3	-3	
35	-7	-7	-7	-6	-7	-7	-8	-8	-8	-9	-11	-11	-15	-16	-17	-17	-12	-9	-8	-4	-4	-3	-3	-3	-4	-3	-5	-3	-1	-3	-5	-5	-6	-5	-5	-5	-1	-3	-3	
40	-8	-9	-9	-8	-8	-7	-8	-9	-9	-10	-11	-11	-15	-16	-17	-17	-12	-10	-8	-4	-4	-2	-5	-4	-3	-3	-5	-3	-1	-3	-5	-5	-6	-5	-5	-5	-1	-3	-3	
45	-10	-10	-9	-8	-8	-8	-8	-9	-9	-10	-11	-11	-15	-16	-17	-17	-12	-10	-8	-4	-4	-2	-5	-4	-3	-3	-5	-3	-1	-3	-5	-5	-7	-5	-5	-5	-1	-3	-3	
50	-10	-10	-9	-9	-8	-8	-8	-9	-9	-11	-11	-11	-15	-16	-17	-17	-12	-10	-8	-5	-4	-2	-5	-4	-3	-5	-5	-4	-1	-5	-5	-5	-7	-5	-5	-5	-1	-3	-3	
55	-10	-10	-10	-9	-9	-8	-9	-10	-10	-11	-11	-11	-15	-16	-17	-17	-12	-10	-8	-5	-4	-3	-3	-5	-3	-5	-5	-4	-1	-6	-6	-6	-7	-6	-6	-6	-1	-3	-3	
60	-10	-10	-10	-10	-10	-9	-10	-10	-10	-11	-11	-11	-15	-16	-17	-17	-12	-10	-8	-5	-4	-4	-4	-6	-3	-5	-5	-4	-1	-6	-6	-6	-7	-7	-7	-6	-1	-3	-3	
70	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-11	-11	-11	-15	-16	-17	-17	-12	-10	-8	-5	-5	-4	-4	-6	-5	-5	-5	-4	-1	-6	-6	-6	-7	-7	-7	-6	-1	-3	-3	
80	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-11	-11	-11	-15	-16	-17	-17	-12	-10	-8	-5	-5	-4	-4	-6	-5	-5	-5	-4	-1	-6	-6	-6	-7	-7	-7	-6	-1	-3	-3	
90	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-11	-11	-11	-15	-16	-17	-17	-12	-10	-8	-5	-5	-4	-4	-6	-5	-5	-5	-4	-1	-6	-6	-6	-7	-7	-7	-6	-1	-3	-3	
100	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-11	-11	-11	-15	-16	-17	-17	-12	-10	-8	-5	-5	-4	-4	-6	-5	-5	-5	-4	-1	-6	-6	-6	-7	-7	-7	-6	-1	-3	-3	
110	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-11	-11	-11	-15	-16	-17	-17	-12	-10	-8	-5	-5	-4	-4	-6	-5	-5	-5	-4	-1	-6	-6	-6	-7	-7	-7	-6	-1	-3	-3	
120	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-11	-11	-11	-15	-16	-17	-17	-12	-10	-8	-5	-5	-4	-4	-6	-5	-5	-5	-4	-1	-6	-6	-6	-7	-7	-7	-6	-1	-3	-3	
140	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-11	-11	-11	-15	-16	-17	-17	-12	-10	-8	-5	-5	-4	-4	-6	-5	-5	-5	-4	-1	-6	-6	-6	-7	-7	-7	-6	-1	-3	-3	
160	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-11	-11	-11	-15	-16	-17	-17	-12	-10	-8	-5	-5	-4	-4	-6	-5	-5	-5	-4	-1	-6	-6	-6	-7	-7	-7	-6	-1	-3	-3	
180	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-11	-11	-11	-15	-16	-17	-17	-12	-10	-8	-5	-5	-4	-4	-6	-5	-5	-5	-4	-1	-6	-6	-6	-7	-7	-7	-6	-1	-3	-3	

Kedalaman Gerusan (*poin guage*) *Triangular Shaped* dengan *Groundsill* 3 b

Q Terbaca: 2

m/dtk

Q nyata: 2,0068 m/dtk

Y	x (mm)																							
	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
1	0	-9	-9	-10	-10	-10	-10	-11	Bagian Abutmen					-5	-4	-5	-3	-5	-7	-7	-7	0	0	
2	0	-8	-8	-9	-9	-9	-10	-10	-14	-17	-15	-12	-10	-6	-5	-5	-4	-5	-6	-6	-5	0	0	
3	0	-6	-7	-9	-6	-7	-8	-8	-10	-10	-12	-11	-10	-7	-6	-5	-3	-3	-2	-2	-2	-1	0	
4	0	-6	-6	-8	-5	-6	-8	-7	-7	-7	-8	-8	-8	-3	-4	-3	-3	-2	-2	-3	-3	-1	0	
5	0	-7	-7	-8	-8	-8	-9	-9	-9	-9	-10	-9	-7	-4	-4	-4	-3	-3	-2	-1	-2	0	0	

Lampiran 4

Running 6 triangular-shaped dengan ground-sill 4 b
Q terbaca 2 m3/dtk
Q nyata; 2,0068m/det
har/tgl ; 14 juli 2014

Perkembangan kedalaman gerusan terhadap waktu pada debit 2 m³/dtk

waktu	titik kedalaman gerusan																																							
(menit)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	34	35	36	37	38	39	40	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
2	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-4	-5	-10	-12	-12	-13	-13	-14	-13	-13	-11	-5	-5	-5	-5	-3	-3	-3	-3	-3	-4	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-4	-5	-5
4	-4	-4	-4	-5	-6	-6	-6	-6	-7	-10	-12	-12	-13	-13	-15	-15	-15	-12	-11	-5	-5	-5	-4	-4	-4	-4	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-6	-7	-7	-7	-7	-7	-7	-7
6	-4	-5	-6	-6	-6	-6	-6	-6	-7	-10	-12	-12	-13	-15	-15	-15	-15	-12	-10	-5	-5	-5	-4	-4	-5	-6	-6	-6	-6	-7	-9	-10	-10	-10	-10	-10	-8	-8	-8	-7
8	-4	-5	-5	-6	-6	-6	-6	-6	-7	-10	-11	-12	-13	-15	-16	-15	-15	-11	-8	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-6	-6	-6	-6	-6	-7	-7	-10	-10	-10	-9	-9	-9	-8	
10	-6	-7	-7	-6	-6	-6	-6	-6	-7	-10	-12	-13	-13	-15	-16	-15	-15	-10	-8	-4	-5	-5	-5	-5	-4	-5	-5	-6	-7	-7	-7	-7	-8	-8	-8	-8	-8	-8	-10	
12	-6	-7	-7	-7	-7	-7	-7	-7	-7	-10	-12	-13	-13	-15	-16	-15	-15	-10	-8	-4	-4	-4	-3	-4	-4	-4	-4	-5	-6	-7	-7	-7	-8	-8	-8	-8	-8	-8	-8	
14	-7	-7	-7	-7	-7	-7	-8	-8	-7	-7	-10	-12	-13	-13	-15	-16	-15	-15	-10	-8	-3	-4	-2	-3	-3	-3	-4	-5	-6	-6	-7	-8	-8	-7	-7	-7	-7	-6	-6	-7
16	-7	-7	-7	-7	-7	-7	-8	-8	-8	-7	-10	-12	-13	-13	-15	-16	-15	-15	-10	-8	-1	-1	-3	-3	-3	-4	-4	-6	-6	-7	-7	-7	-7	-7	-7	-7	-7	-7	-7	-7
18	-7	-7	-6	-7	-7	-7	-8	-8	-8	-8	-10	-12	-13	-13	-15	-16	-15	-15	-9	-8	-1	-1	-3	-3	-3	-3	-3	-4	-4	-6	-6	-6	-7	-7	-7	-7	-7	-7	-7	-7
20	-7	-7	-7	-7	-7	-7	-8	-8	-8	-8	-10	-12	-13	-13	-16	-16	-15	-15	-9	-7	0	0	-1	-1	-2	-2	-3	-4	-4	-4	-6	-7	-7	-7	-7	-7	-7	-7	-7	-7
25	-7	-7	-7	-7	-7	-7	-8	-8	-8	-9	-10	-12	-13	-14	-16	-16	-15	-15	-9	-6	0	0	-2	-1	-3	-3	-3	-4	-4	-4	-5	-6	-6	-6	-6	-6	-7	-7	-7	-7
30	-8	-8	-8	-8	-8	-8	-8	-8	-9	-10	-12	-13	-14	-16	-16	-15	-15	-9	-5	0	0	0	-1	-2	-2	-3	-3	-3	-3	-5	-7	-7	-7	-7	-7	-7	-7	-7	-7	-7
35	-8	-8	-8	-8	-8	-8	-8	-8	-9	-10	-12	-13	-14	-16	-16	-15	-15	-8	-5	0	0	0	-1	-3	-3	-3	-3	-3	-5	-6	-7	-7	-7	-7	-7	-7	-7	-7	-7	-7
40	-8	-8	-8	-8	-8	-8	-8	-8	-9	-10	-12	-13	-14	-16	-16	-15	-15	-8	-5	0	0	0	-1	-3	-3	-3	-3	-4	-5	-6	-7	-7	-7	-7	-7	-7	-7	-7	-7	-7
45	-8	-8	-8	-8	-8	-8	-8	-8	-9	-10	-12	-13	-14	-16	-16	-15	-15	-8	-5	0	-1	0	-1	-2	-3	-3	-2	-4	-5	-5	-6	-6	-7	-7	-7	-7	-7	-7	-7	-7
50	-8	-8	-8	-8	-8	-8	-8	-7	-9	-10	-12	-13	-14	-16	-16	-15	-15	-8	-5	0	0	-1	-1	-3	-3	-3	-3	-2	-5	-6	-7	-7	-7	-7	-7	-7	-7	-7	-7	-7
55	-7	-8	-8	-8	-8	-8	-8	-7	-9	-10	-12	-13	-14	-16	-16	-15	-15	-8	-5	0	0	0	-1	-2	-3	-3	-3	-5	-5	-5	-6	-7	-7	-7	-7	-7	-7	-7	-7	-7
60	-7	-8	-8	-8	-8	-8	-8	-7	-9	-10	-12	-13	-14	-16	-16	-15	-15	-8	-5	0	0	0	-1	-3	-3	-3	-3	-5	-5	-6	-7	-7	-7	-7	-7	-7	-7	-7	-7	
70	-7	-8	-8	-8	-8	-8	-8	-7	-9	-10	-12	-13	-14	-16	-16	-15	-15	-8	-5	0	0	0	-1	-3	-3	-3	-3	-4	-4	-6	-7	-7	-7	-7	-7	-7	-7	-7	-7	-7
80	-7	-8	-8	-8	-8	-8	-8	-7	-9	-10	-12	-13	-14	-16	-16	-15	-15	-8	-5	0	0	0	-1	-3	-4	-4	-4	-4	-5	-6	-7	-7	-7	-7	-7	-7	-7	-7	-7	-7
90	-7	-8	-8	-8	-8	-8	-8	-8	-9	-10	-12	-13	-14	-16	-16	-15	-15	-8	-5	0	-1	-1	0	-1	-3	-3	-3	-5	-5	-6	-7	-7	-6	-6	-6	-6	-6	-8	-8	
100	-7	-8	-9	-8	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-15	-13	-14	-16	-16	-15	-15	-8	-5	0	-1	-1	-1	-1	-5	-5	-4	-4	-5	-5	-7	-7	-7	-6	-5	-7	-6	-8	-8	
110	-7	-8	-9	-10	-10	-11	-11	-11	-11	-11	-15	-13	-14	-16	-16	-15	-15	-8	-5	0	-1	-2	-2	-2	-5	-5	-4	-5	-5	-5	-7	-7	-7	-7	-7	-7	-7	-7	-7	-7
120	-7	-8	-9	-10	-10	-11	-11	-11	-11	-11	-15	-13	-14	-16	-16	-15	-15	-8	-5	0	-1	-2	-2	-2	-5	-5	-2	-5	-5	-5	-6	-7	-7	-7	-7	-7	-7	-7	-7	-7
140	-7	-8	-9	-10	-10	-11	-11	-11	-11	-11	-15	-13	-14	-16	-16	-15	-15	-8	-5	0	-1	-2	-2	-2	-5	-5	-3	-5	-5	-5	-6	-7	-7	-7	-7	-7	-7	-7	-7	-7
160	-7	-8	-9	-10	-10	-12	-11	-11	-11	-11	-15	-13	-14	-16	-16	-15	-15	-8	-5	0	-1	-2	-2	-2	-5	-5	-3	-5	-5	-5	-6	-7	-7	-7	-7	-7	-7	-7	-7	-7
180	-7	-8	-9	-10	-10	-12	-11	-11	-11	-11	-15	-13	-14	-16	-16	-15	-15	-8	-5	0	-1	-2	-2	-2	-5	-5	-3	-5	-5	-5	-6	-7	-7	-7	-7	-7	-7	-7	-7	-7

Lampiran 5

perkembangan kedalaman gerusan terhadap waktu pada debit 2 m³/dtk
Running 20, *Wing-wall abutment* dengan ground-sill 1 b
Q terbaca 2 m³/dtk
Q nyata : 2,0068
hari/tanggal ; rabu 23 juli 2014

waktu (menit)	titik kedalaman gerusan																								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	-2	-2	-2	-2	-2	-3	-3	-5	-11	-15	-14	-14	-14	-14	-14	-14	-12	-12	-11	-4	-4	-5	-5	-4	0
4	-5	-5	-5	-5	-5	-4	-5	-6	-11	-15	-14	-14	-14	-14	-14	-14	-12	-12	-12	-4	-4	-4	-4	-3	0
6	-6	-6	-6	-6	-5	-5	-5	-7	-12	-15	-14	-14	-14	-14	-14	-15	-14	-13	-12	-5	-5	-5	-5	-4	0
8	-6	-6	-6	-6	-6	-6	-5	-8	-12	-15	-14	-14	-14	-14	-14	-15	-14	-13	-12	-5	-5	-5	-5	-4	0
10	-6	-6	-7	-7	-7	-6	-5	-9	-13	-15	-14	-14	-14	-14	-14	-15	-14	-13	-12	-5	-5	-5	-5	-4	0
12	6	-7	-7	-7	-7	-6	-5	-9	-13	-15	-14	-14	-14	-14	-14	-15	-14	-13	-12	-5	-5	-5	-5	-4	0
14	-7	-7	-7	-8	-7	-7	-5	-9	-13	-16	-15	-15	-15	-15	-15	-15	-14	-14	-12	-5	-5	-5	-5	-4	0
16	-8	-8	-8	-9	-8	-7	-6	-9	-13	-16	-15	-15	-15	-15	-15	-15	-14	-14	-12	-5	-5	-5	-5	-4	0
18	-9	-8	-8	-9	-8	-8	-7	-9	-13	-16	-15	-15	-15	-15	-15	-15	-14	-14	-12	-5	-5	-5	-5	-4	0
20	-9	-8	-8	-9	-8	-8	-7	-9	-14	-16	-15	-15	-15	-15	-15	-15	-14	-14	-12	-5	-5	-5	-5	-4	0
25	-9	-8	-8	-9	-8	-8	-7	-9	-13	-17	-15	-15	-16	-15	-16	-15	-14	-14	-12	-5	-5	-4	-5	-4	0
30	-9	-8	-8	-9	-9	-9	-9	-9	-14	-17	-16	-15	-16	-15	-16	-15	-13	-14	-12	-5	-5	-5	-4	-5	0
35	-9	-8	-8	-9	-9	-9	-9	-12	-15	-17	-16	-15	-16	-15	-16	-15	-14	-14	-12	-5	-5	-5	-4	-5	0
40	-9	-8	-8	-9	-10	-9	-9	-12	-16	-17	-15	-15	-16	-15	-16	-15	-14	-14	-12	-5	-7	-7	-8	-6	0
45	-9	-9	-8	-10	-10	-10	-11	-12	-16	-17	-16	-15	-16	-15	-16	-15	-14	-13	-12	-5	-7	-8	-7	-6	0
50	-9	-9	-8	-10	-10	-10	-11	-12	-16	-17	-16	-15	-16	-15	-16	-15	-14	-14	-12	-6	-7	-8	-7	-6	0
55	-9	-9	-8	-10	-11	-11	-11	-12	-16	-17	-16	-15	-16	-15	-16	-15	-14	-14	-12	-6	-8	-8	-8	-6	0
60	-9	-9	-9	-11	-10	-11	-11	-12	-16	-17	-16	-16	-16	-15	-16	-15	-14	-14	-12	-5	-8	-8	-7	-6	0
70	-10	-10	-10	-11	-11	-12	-12	-13	-17	-17	-16	-16	-17	-15	-16	-15	-15	-14	-12	-5	-8	-8	-7	-6	0
80	-10	-10	-10	-11	-11	-12	-12	-13	-17	-17	-16	-16	-17	-15	-16	-15	-15	-14	-12	-5	-8	-8	-7	-6	0
90	-10	-11	-10	-11	-12	-12	-13	-13	-17	-18	-17	-16	-17	-15	-16	-15	-15	-14	-12	-5	-8	-9	-8	-6	0
100	-10	-11	-10	-12	-12	-12	-13	-14	-18	-18	-17	-16	-17	-15	-16	-15	-16	-14	-12	-6	-8	-9	-8	-7	0
110	-11	-11	-10	-12	-13	-13	-13	-14	-18	-18	-17	-16	-18	-15	-16	-16	-16	-15	-14	-6	-9	-9	-8	-7	0
120	-11	-11	-11	-12	-13	-13	-14	-14	-18	-19	-18	-18	-18	-15	-16	-16	-16	-15	-14	-6	-9	-9	-8	-7	0
140	-11	-11	-11	-12	-13	-13	-14	-14	-19	-19	-18	-18	-18	-15	-16	-16	-16	-15	-14	-6	-9	-9	-8	-7	0
160	-11	-11	-11	-12	-13	-13	-14	-14	-19	-19	-18	-18	-18	-15	-16	-16	-16	-15	-14	-6	-9	-9	-8	-7	0
180	-11	-11	-11	-12	-13	-13	-14	-14	-19	-19	-18	-18	-18	-17	-17	-16	-16	-15	-14	-6	-9	-9	-8	-7	0

Kedalaman Gerusan pada *Wing Wall Abutment* dengan *jarak Groundsill* 1 b

Q terbaca : 2 m/dtk

Q nyata ; 2,0068

m/det

Y	x (mm)															
	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8
1	0	-10	-11	-11	-12	-12	-13	-14	Bagian Abutmen					-9	-7	0
2	0	-11	-11	-12	-12	-15	-14	-20	-19	-18	-17	-17	-16	-9	-8	0
3	0	-12	-12	-12	-11	-16	-13	-19	-16	-18	-18	-18	-15	-8	-8	0
4	0	-13	-12	-10	-11	-15	-12	-16	-16	-16	-16	-15	-14	-8	-8	0
5	0	-10	-10	-11	-10	-11	-12	-14	-15	-15	-14	-14	-13	-6	-6	0

Lampiran 6

hari/tgl ; senin 18 juli 3014

waktu	titik kedalaman gerusan																																		
(menit)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	34	35	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
2	-2	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-9	-10	-12	-12	-12	-11	-11	-11	-11	-10	-10	-5	-5	-2	-2	-2	0	-2	-2	-2	-3	-3	-4	-4	-3	0	0
4	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-9	-10	-12	-12	-12	-12	-12	-12	-12	-12	-10	-5	-3	-2	-2	-2	-2	-3	-4	-4	-5	-6	-6	-6	-3	0	0
6	-5	-5	-5	-3	-5	-5	-5	-5	-9	-10	-12	-12	-12	-12	-12	-12	-12	-12	-10	-5	-3	-2	-1	-1	0	-2	-3	-4	-5	-5	-5	-3	-2	0	0
8	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-6	-9	-10	-12	-12	-12	-12	-12	-12	-13	-13	-11	-5	-3	-3	-3	-3	0	-2	-3	-3	-5	-5	-5	-2	-1	0	0
10	-6	-5	-5	-5	-5	-5	-6	-6	-10	-10	-12	-12	-12	-11	-12	-12	-13	-13	-11	-5	-3	-2	-2	-2	0	-2	-3	-4	-5	-5	-5	-5	-2	0	0
12	-7	-7	-7	-5	-7	-7	-7	-7	-11	-10	-12	-12	-12	-12	-12	-13	-13	-13	-11	-5	-5	-2	-4	-4	-4	-5	-6	-6	-6	-5	-5	-5	-6	-2	0
14	-8	-7	-7	-6	-7	-7	-7	-8	-11	-10	-12	-12	-12	-13	-13	-14	-14	-14	-12	-5	-3	-3	-5	-5	-4	-6	-6	-7	-7	-7	-8	-7	-2	0	0
16	-8	-7	-7	-7	-7	0	-7	-8	-12	-10	-12	-12	-15	-14	-15	-15	-14	-14	-13	-5	-5	-5	-5	-7	-7	-7	-7	-7	-7	-8	-8	-8	-2	0	0
18	-8	-8	-8	-7	-7	0	-8	-8	-12	-10	-13	-13	-15	-16	-16	-15	-14	-14	-13	-6	-5	-6	-6	-6	-6	-7	-8	-8	-9	-9	-9	-8	-2	0	0
20	-8	-8	-8	-7	-7	-8	-8	-9	-12	-10	-13	-16	-16	-16	-16	-15	-14	-14	-13	-6	-5	-5	-6	-7	-7	-7	-8	-9	-9	-9	-10	-9	-1	0	0
25	-8	-8	-8	-7	-7	-9	-8	-8	-12	-10	-13	-16	-16	-16	-16	-16	-14	-14	-13	-6	-3	-6	-6	-6	-6	-7	-7	-9	-9	-9	-10	-10	-1	0	0
30	-8	-8	-8	-7	-8	-9	-9	-10	-12	-10	-15	-16	-16	-16	-16	-16	-14	-14	-13	-6	-5	-6	-6	-6	-7	-8	-8	-9	-9	-10	-10	-9	-5	0	0
35	-9	-8	-8	-8	-8	-8	-8	-10	-12	-12	-16	-16	-16	-16	-16	-16	-14	-14	-13	-6	-5	-6	-8	-8	-8	-9	-9	-9	-10	-11	-11	-10	-6	0	0
40	-9	-8	-8	-8	-8	-9	-8	-10	-12	-12	-16	-16	-16	-17	-16	-16	-14	-14	-13	-6	-6	-6	-6	-6	-8	-9	-9	-9	-10	-11	-11	-11	-3	0	0
45	-10	-9	-9	-8	-7	-8	-8	-10	-12	-13	-16	-16	-16	-17	-16	-16	-14	-14	-13	-6	-6	-7	-8	-8	-9	-9	-9	-9	-10	-100	-10	-10	-5	0	0
50	-10	-9	-9	-8	-8	-8	-8	-10	-12	-13	-16	-16	-16	-17	-16	-16	-14	-14	-13	-5	-6	-6	-6	-8	-8	-9	-9	-10	-10	-10	-10	-10	-5	0	0
55	-10	-9	-9	-8	-8	-8	-8	-10	-12	-13	-16	-16	-17	-17	-16	-16	-14	-14	-13	-6	-6	-8	-8	-8	-8	-9	-9	-10	-10	-11	-10	-10	-5	0	0
60	-10	-10	-10	-10	-8	-8	-9	-10	-12	-13	-16	-16	-17	-17	-16	-16	-14	-14	-13	-5	5	-8	-8	-9	-9	-10	-10	-10	-11	-11	-11	-10	-5	0	0
70	-10	-10	-10	-10	-10	-8	-9	-10	-12	-13	-16	-16	-17	-17	-16	-16	-14	-14	-13	-5	-6	-7	-8	-9	-10	-9	-10	-10	-10	-11	-11	-10	-5	0	0
80	-10	-10	-10	-10	-10	-8	-9	-10	-12	-13	-16	-16	-17	-17	-16	-16	-14	-14	-12	-5	-5	-6	-6	-8	-9	-10	-10	-10	-9	-10	-10	-10	-4	0	0
90	-10	-10	-10	-10	-10	-9	-9	-10	-13	-13	-16	-16	-17	-17	-16	-16	-14	-14	-12	-5	-6	-7	-7	-8	-9	-10	-10	-10	-11	-11	-10	-10	-5	0	0
100	-10	-10	-10	-10	-10	-9	-9	-10	-13	-13	-16	-16	-17	-17	-16	-16	-14	-14	-11	-5	-6	-7	-7	-8	-9	-10	-10	-10	-11	-11	-10	-10	-4	0	0
110	-10	-10	-10	-10	-10	-9	-9	-10	-13	-13	-16	-16	-17	-17	-16	-16	-14	-14	-11	-5	-6	-7	-7	-8	-9	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-4	0	0
120	-10	-10	-10	-10	-10	-9	-9	-10	-13	-13	-16	-16	-17	-17	-16	-16	-14	-14	-11	-5	-6	-7	-7	-8	-9	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-4	0	0
140	-10	-10	-10	-10	-10	-9	-9	-10	-13	-13	-16	-16	-17	-17	-16	-16	-14	-14	-11	-5	-6	-7	-7	-8	-9	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-4	0	0
160	-10	-10	-10	-10	-10	-9	-9	-10	-13	-13	-16	-16	-17	-17	-16	-16	-14	-14	-11	-5	-6	-7	-7	-8	-9	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-4	0	0
180	-10	-10	-10	-10	-10	-9	-9	-10	-13	-13	-16	-16	-17	-17	-16	-16	-14	-14	-11	-5	-6	-7	-7	-8	-9	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-4	0	0

Kedalaman Gerusan (*Poin Gauge*) Pada *Wing Wall Abutment* dengan Jarak *Groundsill* 2 b

Q Terbaca: 2 m/ dtk

Q Nyata : 2,0068 m³/ dtk

Y	x (mm)																				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
1	0	-10	-10	-10	-11	-10	-12	-17		Bagian Abutmen				-9	-9	-10	-11	-11	-11	-8	0
2	0	-13	-13	-12	-13	-13	-19	-20	-21	-20	-18	-20	-15	-14	-14	-11	-12	-11	-8	-6	0
3	0	-12	-13	-19	-12	-12	-13	-16	-17	-17	-17	-17	-15	-16	-16	-13	-15	-11	-10	-7	0
4	0	-11	-12	-13	-14	-15	-15	-15	-15	-15	-15	-11	-16	-17	-17	-16	-14	-12	-9	-7	0
5	0	-9	-12	-15	-11	-12	-12	-10	-10	-15	-15	-15	-15	-10	-10	-11	-11	-9	-8	-7	0

Lampiran 7

Perkembangan kedalaman gerusan terhadap waktu pada debit 2 m3/dtk

Running 12 wing wall abutment dengan groud sill 3 b

Q terbaca 2 m3/dtk

Q nyata; 2,0068 m/det

hari/tanggal ; senin 17 juli 2014

waktu	titik kedalaman gerusan																																								
(menit)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	34	35	36	37	38	39	40		
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
2	-1	-1	-1	-1	-2	-2	-2	-5	-11	-11	-11	-11	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-9	0	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	-3	-4	-5	-5	-5	-4	-4	-4	-4	-4	
4	-1	-1	-1	-2	-2	-2	-2	-5	-12	-11	-11	-11	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-9	-9	-1	-2	-2	-1	1	0	-1	-1	0	-1	-2	-3	-3	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4
6	-1	-1	-1	-2	-2	-2	-2	-5	-12	-11	-11	-11	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-9	-9	0	-2	-2	-2	-1	0	-1	-1	-1	-1	-2	-3	-3	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4
8	-1	-1	-1	-1	-2	-2	-2	-6	-12	-12	-11	-11	-10	-10	-10	-10	-9	-9	-8	-1	-4	-2	-6	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-2	-2	-3	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-5	-5
10	-1	-1	-1	-1	-2	-2	-2	-6	-12	-12	-11	-10	-10	-10	-10	-10	-9	-9	-8	-2	-3	-4	-4	-2	-3	-2	-2	0	-2	-2	-1	-2	-3	-3	-3	-3	-5	-5	-5	-5	-5
12	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-2	-6	-12	-12	-11	-11	-11	-10	-10	-10	-9	-9	-8	-2	-4	-3	-4	-4	-3	-2	-1	0	-1	-1	-3	-3	-3	-4	-4	-4	-5	-5	-5	-5	-5
14	-1	-1	-1	-1	-2	-2	-2	-6	-12	-14	-11	-11	-11	-10	-10	-10	-9	-9	-8	-2	-3	-4	-3	-4	-3	-2	-2	0	-1	-2	-3	-3	-4	-4	-4	-5	-5	-5	-5	-5	
16	-1	-1	-1	-1	-1	-2	-2	-6	-12	-14	-11	-11	-11	-11	-10	-10	-9	-9	-8	-2	-3	-3	-3	-4	-3	-2	-2	0	-1	-1	-3	-3	-4	-4	-4	-5	-5	-5	-5	-5	
18	-1	-1	-1	-1	-1	-2	-2	-6	-12	-14	-11	-11	-11	-10	-10	-10	-9	-9	-8	-2	-3	-3	-3	-3	-3	-2	-2	0	-1	-2	-2	-3	-4	-4	-4	-5	-5	-6	-5	-6	
20	-1	-1	-1	-1	-1	-2	-2	-6	-12	-14	-11	-11	-10	-10	-10	-10	-9	-9	-8	-1	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	0	-1	-3	-2	-3	-4	-4	-4	-5	-5	-6	-5	-6	
25	-1	-1	-1	-1	-1	-2	-2	-6	-12	-15	-11	-11	-11	-10	-10	-10	-9	-9	-8	-2	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	0	-1	-2	-3	-3	-4	-4	-5	-5	-5	-5	-5	-5	
30	-1	-1	-1	-1	-1	-2	-3	-6	-12	-15	-11	-11	-11	-10	-10	-10	-9	-9	-8	-2	-3	-3	-3	-3	-3	0	-2	0	-1	-2	-2	-3	-4	-5	-5	-5	-6	-6	-6	-6	
35	-1	-1	-1	-1	-1	-3	-3	-6	-13	-15	-11	-11	-11	-10	-10	-10	-9	-9	-8	-2	-3	-3	-4	-3	-2	-2	-2	-1	-1	-1	-2	-2	-4	-4	-4	-5	-6	-6	-5	-6	
40	-1	-2	-1	0	-2	-2	-3	-6	-13	-15	-11	-11	-11	-10	-10	-10	-9	-9	-8	-2	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-2	-2	-1	-1	-1	-2	-3	-4	-4	-4	-5	-6	-6	-6	
45	-1	-1	-1	0	-2	-2	-3	-7	-13	-15	-11	-11	-11	-10	-10	-10	-9	-9	-8	-2	-3	-3	-4	-4	-3	-2	-2	-1	-1	-2	-1	-3	-4	-4	-4	-5	-5	-6	-6	-6	
50	-1	-1	-1	0	-1	-2	-3	-8	-13	-15	-11	-11	-11	-10	-10	-10	-9	-9	-8	-2	-4	-4	-3	-3	-3	-2	-2	-2	-2	-2	-3	-3	-4	-4	-4	-5	-5	-6	-6	-6	
55	-1	-1	-1	-1	-1	-2	-3	-8	-13	-15	-11	-11	-11	-10	-10	-10	-9	-9	-8	-2	-4	-4	-4	-3	-3	-2	-1	-2	-1	-1	-2	-2	-3	-4	-4	-4	-5	-5	-6	-6	
60	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-3	-8	-13	-15	-11	-11	-11	-10	-10	-10	-9	-9	-8	-2	-4	-5	-4	-3	-3	-1	-2	-1	-1	-3	-1	-2	-4	-4	-4	-5	-5	-6	-6	-6	
70	-1	-1	-1	-1	-1	-2	-3	-8	-13	-15	-11	-11	-11	-10	-10	-10	-9	-9	-8	-1	-4	-5	-4	-4	-2	-1	-2	-1	-2	-2	-1	-3	-4	-4	-4	-5	-5	-6	-6	-6	
80	-1	-1	-1	-1	-2	-2	-3	-8	-13	-15	-11	-11	-11	-10	-10	-10	-9	-9	-8	-1	-4	-5	-4	-4	-4	-3	-2	-2	-1	-3	-1	-3	-4	-4	-4	-4	-5	-6	-6	-6	
90	-1	-1	-1	-1	-1	-2	-3	-8	-13	-15	-11	-11	-11	-10	-10	-10	-9	-9	-8	-1	-4	-5	-4	-4	-4	-4	-3	-3	-1	-3	-3	-1	-3	-4	-4	-4	-4	-5	-6	-6	
100	-1	-1	-1	-1	-1	-2	-3	-8	-13	-15	-12	-12	-12	-10	-10	-10	-9	-9	-8	-1	-4	-5	-4	-4	-4	-4	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-4	-4	-4	-4	-5	-6	-6	-6	
110	-1	-1	-1	-1	-1	-2	-3	-8	-13	-15	-12	-13	-12	-10	-10	-10	-9	-9	-8	-1	-4	-5	-4	-5	-4	-4	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-4	-4	-4	-4	-5	-6	-6	-6	
120	-1	-1	-1	-1	-1	-2	-3	-8	-13	-15	-12	-13	-12	-10	-10	-10	-9	-9	-8	-1	-4	-5	-4	-5	-4	-4	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-4	-4	-4	-4	-5	-6	-6	-6	
140	-1	-1	-1	-1	-1	-2	-3	-8	-13	-15	-12	-13	-12	-10	-10	-10	-9	-9	-8	-1	-4	-5	-4	-5	-4	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-4	-4	-4	-4	-5	-6	-6	-6	
160	-1	-1	-1	-1	-1	-2	-3	-8	-13	-15	-12	-13	-12	-10	-10	-10	-9	-9	-8	-1	-4	-5	-4	-5	-4	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-4	-4	-4	-4	-5	-6	-6	-6	
180	-1	-1	-1	-1	-1	-2	-3	-8	-13	-15	-12	-13	-12	-10	-10	-10	-9	-9	-8	-1	-4	-5	-4	-5	-4	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-4	-4	-4	-4	-5	-6	-6	-6	

Kedalaman Gerusan (Poin Gauge) pada Wing Wall Abutment dengan Jarak *Grounsill* 3b

Q terbaca: 2 m/dtk

Q yata: 2,0068 m³/ dtk

Y	x (mm)																				
	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	-3	-2	-1	-2	-3	-3	-4	-14	Bagian Abutmen					-1	-4	-3	-3	-4	-4	-4	-4
2	-4	-4	-2	-2	-4	-5	-5	-10	-13	-12	-8	-9	-9	-4	-4	-4	-3	-3	-3	-2	-2
3	-3	-4	-2	-3	-5	-3	-5	-8	-6	-8	-8	-8	-9	-3	-6	-5	-4	-4	-3	-2	-2
4	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-5	-7	-7	-9	-6	-6	-8	-3	-6	-6	-4	-5	-4	-3	-3
5	-3	-3	-2	-3	-4	-4	-4	-6	-6	-9	-5	-5	-5	-4	-5	-5	-4	-3	-3	-2	-2

Lampiran 8

Perkembangan kedalaman gerusan terhadap waktu pada debit 2 m3/dtk

Running 5 abutmen wing-wall dengan ground-sill 4b

Q terbaca 2 m3/dtk

Qnyata ; 2,0068 m/det

hari/tgl rabu 14 juli 2014

ktu (me)	titik kedalaman gerusan																																							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	34	35	36	37	38	39	40	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	-1	-9	-9	-5	-7	-7	-7	-7	-7	-8	-8	-8	0	-2	0	0	0	0	0	0	-1	-2	-2	-2	-3	-4	-4	-4	-4	-4	-5	-5	
4	0	0	0	0	0	0	0	-2	-9	-9	-5	-7	-7	-7	-7	-7	-8	-8	-8	0	-1	0	0	0	0	0	0	-1	-1	-1	-2	-3	-3	-3	-3	-4	-4	-5	-5	
6	2	2	2	4	4	4	3	2	-2	-9	-10	-5	-7	-7	-7	-7	-8	-8	-8	0	1	2	1	1	1	1	2	2	2	0	0	0	0	0	-1	-1	-1	-1	-1	-2
8	2	2	2	3	4	3	2	-2	-10	-10	-5	-7	-7	-7	-7	-7	-8	-8	-8	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	-1	-1	0	0	-1
10	2	2	2	2	4	3	2	-2	-10	-10	-6	-7	-7	-7	-7	-7	-8	-8	-8	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	-1	-1	
12	2	2	2	2	4	3	1	-2	-10	-11	-6	-7	-7	-7	-7	-7	-8	-8	-8	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	-1	-1	-1	-1	0	-1	
14	2	2	2	2	3	3	1	-2	-10	-11	-6	-7	-7	-7	-7	-7	-8	-8	-8	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	-1	-1	-1	-1	-1	0	0
16	1	1	1	1	2	2	1	-2	-10	-11	-6	-7	-7	-7	-7	-7	-8	-8	-8	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	0	
18	2	2	2	3	3	3	1	-2	-10	-11	-7	-7	-8	-7	-7	-7	-8	-8	-8	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	-2	-1	-1	-1	-1	-1	0	
20	1	1	2	2	2	2	1	-2	-10	-11	-8	-8	-8	-8	-8	-8	-8	-8	-8	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	0	
25	0	1	2	2	3	2	1	-2	-10	-11	-8	-8	-8	-8	-8	-8	-8	-8	-8	1	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	
30	0	0	2	2	2	1	0	-2	-10	-11	-8	-8	-8	-8	-8	-8	-8	-8	-8	1	0	0	0	-1	1	1	1	2	0	0	0	0	-1	-2	-1	-1	-1	-1	-1	
35	0	0	1	1	1	0	0	-3	-10	-11	-10	-8	-8	-8	-8	-8	-8	-8	-8	1	0	0	0	-1	1	1	2	0	0	-1	-1	-1	-2	-3	-3	-1	-1	-1	-1	
40	0	0	0	0	1	0	0	-3	-10	-11	-10	-9	-8	-8	-8	-8	-8	-8	-8	1	1	0	0	-1	0	0	0	0	0	-1	-1	-1	-3	-2	-1	-1	-1	-1	-1	
45	0	1	1	1	0	0	0	-3	-10	-11	-10	-8	-8	-8	-8	-8	-8	-8	-8	1	1	0	0	-2	0	0	0	1	1	0	-1	0	-2	-2	-2	-1	-1	-1	-1	
50	-1	0	0	0	0	0	-2	-3	-10	-11	-10	-8	-8	-8	-8	-8	-8	-8	-8	1	0	0	0	-2	-1	0	1	0	0	-1	-1	-1	-1	-2	-2	-1	-1	-1	-1	
55	-1	0	0	0	0	0	-3	-3	-10	-11	-10	-8	-8	-8	-8	-8	-8	-8	-8	0	0	0	0	-2	-2	-1	0	0	0	0	-1	-1	-2	-2	-2	-1	-1	-1	-1	
60	-1	0	0	-1	-1	-1	-3	-3	-10	-11	-10	-8	-8	-8	-8	-8	-8	-8	-8	0	-1	0	0	-2	-2	-2	-1	0	0	0	-1	-1	-2	-2	-2	-2	-1	-1	-2	
70	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-3	-3	-10	-12	-11	-8	-8	-8	-8	-8	-8	-8	-8	0	-1	0	0	-2	-2	-2	0	-2	-2	-1	-1	-1	-2	-2	-2	-2	-2	-1	-2	
80	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-3	-3	-10	-12	-11	-8	-8	-8	-8	-8	-8	-8	-8	0	-1	-2	-1	-3	-2	-2	-2	-3	-3	-2	-3	-1	-2	-2	-2	-2	-2	-2		
90	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-3	-3	-10	-12	-11	-8	-8	-8	-8	-8	-8	-8	-8	0	-1	-2	-1	-3	-2	-2	-3	-3	-3	-3	-3	-2	-2	-3	-2	-2	-2	-2	-2	
100	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-3	-3	-10	-12	-11	-8	-8	-8	-8	-8	-8	-8	-8	0	-1	-2	-1	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-2	-2	-3	-2	-2	-2	-2	
110	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-3	-3	-10	-12	-11	-8	-8	-8	-8	-8	-8	-8	-8	0	-1	-2	-1	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-2	-2	-3	-2	-2	-2	-2	-2	
120	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-3	-3	-10	-12	-11	-8	-8	-8	-8	-8	-8	-8	-8	0	-1	-2	-1	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-2	-2	-3	-2	-2	-2	-2	-2	
140	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-3	-3	-10	-12	-11	-8	-8	-8	-8	-8	-8	-8	-8	0	-1	-2	-1	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-1	-2	-3	-2	-2	-2	-2	-2	
160	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-3	-3	-10	-12	-11	-8	-8	-8	-8	-8	-8	-8	-8	0	-1	-2	-1	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-1	-2	-3	-2	-2	-2	-2	-2	
180	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-3	-3	-10	-12	-11	-8	-8	-8	-8	-8	-8	-8	-8	0	-1	-2	-1	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-1	-2	-3	-2	-2	-2	-2	-2	-2	

Kedalaman Gerusan (*Poin Gauge*) Pada *Wing wall Abutment* dengan *Groundsill* 4 b

Q terbaca: 2 m/ dtk

Q Nyata: 2,0068 m/dtk

Y	x (mm)																										
	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	19	20	21	22	23	24	25	26	27
1	o	-1	-1	-1	-4	-2	-7	-11	Bagian Abutmen					-5	-4	-3	-5	-5	-3	-5	-5	-4	-3	-3	-2	0	0
2	0	-1	-2	-3	-5	-7	-7	-8	-8	-8	-8	-8	-7	-6	-5	-5	-6	-4	-6	-6	-5	-4	-4	-4	-4	0	0
3	0	-1	-3	-3	-3	-3	-6	-7	-5	-5	-6	-7	-8	-8	-7	-6	-7	-4	-5	-5	-5	-5	-5	-4	-4	-2	0
4	0	-2	-2	-3	-3	-3	-5	-5	-5	-6	-6	-6	-7	-6	-6	-5	-6	-7	-6	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-3	0
5	0	-2	-2	-2	-3	-4	-4	-4	-5	-5	-6	-6	-6	-2	-8	-6	-6	-6	-5	-6	-5	-2	-4	-3	-4	-2	0

Lampiran 9



LABORATORIUM BAHAN BANGUNAN

Program Diploma Teknik Sipil Dan Perencanaan FT.UNY

Alamat : Kampus FT UNY, karangmalang, yogyakarta 55281 telp.(0274)554692/286168

Proyek : penelitian

Nama kelompok : Pasikun (115101134032)

Fadlul Manan (115101134025)

Fandi Ari Pranata (115101134033)

Keperluan : Proyek Akhir

GRADASI BUTIRAN PASIR

No Ayakan	Ayakan dalam (mm)	berat tertahan (gr)	berat lolos (gr)	% berat lolos e/w x 100 %
4	4.750	0	1000	100
10	2.000	55,4	944,6	94,46
20	0.850	200	744,6	74,46
40	0.425	317,8	426,8	42,68
60	0.250	210,3	216,5	21,65
100	0.150	175,6	40,9	4,09
200	0.074	25,5	15,4	1,54
		$\Sigma = 984,6$		

Yogyakarta, 10 Agustus 2014

Mengetahui,

Teknik Lab. Bahan Bangunan

Mengetahui ketua kelompok

Sudarman, s.pd

pasikun

11510134032

GRADASI BUTIRAN

